ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

SCIENCES

EXACTES ET NATURELLES

[illegible]

[illegible]

TOME [illegible]

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

SCIENCES

EXACTES ET NATURELLES

PUBLIÉES PAR

LA SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES A HARLEM,

ET REDIGÉES PAR

E. H. VON BAUMHAUER

Secrétaire de la Société,

AVEC LA COLLABORATION DE

MM. R. van Rees, D. Bierens de Haan, C. A. J. A. Oudemans, W. Koster et J. A. Herklots.

TOME TROISIÈME.

LA HAYE,
MARTINUS NIJHOFF,
1868.

TABLE DES MATIÈRES.

PROGRAMME

DE LA

Société Hollandaise des Sciences de Harlem,

ANNÉE 1868.

La Société Hollandaise des Sciences a tenu le 16 Mai 1868 sa cent-seizième séance annuelle.

Dans son discours d'ouverture le Directeur-Président, F. W. Baron van Styrum, rappelle à la Société les pertes douloureuses qu'elle a faites depuis la dernière réunion générale: parmi les membres regnicoles, celles du professeur J. G. S. van Breda, Secrétaire de la Société pendant une longue suite d'années, et du professeur J. van der Hoeven à Leyde; parmi les membres étrangers, celles de MM. D. Brewster à Edimbourg, M. Faraday à Londres, J. P. L. Foucault à Paris et W. P. Comte de Ross à Birr Castle en Irlande. M. le Président donne ensuite connaissance à l'assemblée de la nomination, comme Directeurs de la Société, de MM. Jos. van Eik, membre des Etats-Provinciaux de la Hollande septentrionale, à Amsterdam; P. Druyvesteyn à Harlem, et C. J. F. Mirandolle, membre du Conseil communal de Harlem.

Le Secrétaire, rendant compte de l'état des publications de la Société, annonce que les parties suivantes ont été mises au jour depuis la précédente séance annuelle:

Mémoires, Tome XXV, 2e partie: Dr. Rüdinger, *Die Muskeln der vorderen Extremitäten der Reptilien und Vögeln, mit besonderer Rücksicht auf die analogen und homologen Muskeln bei den Säugethieren und dem Menschen.*

Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles, livraisons 3, 4 et 5 du Tome II, 1 et 2 du Tome III.

En réponse à la question, mise au concours en 1865 (N°. VIII, pag. 7 du Programme de 1866), relative à l'origine du diluvium de Groningue, la Société avait reçu en 1867 un mémoire écrit en français, sur lequel elle avait résolu de suspendre son jugement, l'auteur ayant promis de fournir une suite à son premier travail. Ce complément étant depuis lors parvenu à la Société, celle-ci décide, à l'unanimité des voix, d'accorder à ce travail la médaille d'or et, en outre, la prime de 150 florins.

L'ouverture du billet fait connaître que l'auteur du mémoire couronné est M. Otto Torell, professeur extraordinaire de zoologie et de géologie à l'université de Lund en Suède.

La Société passe à la nomination de nouveaux membres regnicoles et étrangers.

Sont élus membres regnicoles :

MM. G. F. Westermann, Directeur de la Société royale zoologique *Natura Artis Magistra* d'Amsterdam.
A. C. Oudemans, professeur à l'Ecole polytechnique de Delft.
N. W. P. Rauwenhoff, professeur à l'Ecole moyenne de Rotterdam.

Sont élus membres étrangers :

MM. J. A. W. Moleschott, à Turin.
J. B. Dumas, à Paris.
C. Wheatstone, à Londres.
N. J. Andersson, à Stockholm.

En remplacement de M. J. van der Hoeven, décédé, M. J. A. Herklots, de Leyde, est nommé membre de la Rédaction des *Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles.*

La Société met au concours les questions suivantes, dont la réponse devra lui être adressée

avant le 1er Janvier 1870.

I. Depuis la décadence croissante et la suppression finale de la culture gouvernementale des épices aux îles Moluques, il est

devenu très désirable de voir s'établir de nouvelles cultures dans cet archipel fertile. La Société demande en conséquence :

1°. Une description de l'état social actuel de ces îles, surtout au point de vue de la population et de son aptitude pour l'industrie agricole.

2°. Une indication des variétés du sol, étudiées sous le rapport des cultures à adopter éventuellement.

3°. Des données statistiques sur les résultats de la culture libre des épices telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui.

4°. Un exposé du résultat des essais de culture du cacao entrepris par ordre du Gouverneur-général Pahud et avec l'appui efficace du gouvernement.

5°. Une indication motivée des végétaux dont la culture mériterait d'être éprouvée parmi ceux dont les produits sont propres à l'exportation.

II. On ne saurait nier que l'analyse spectrale, actuellement à l'ordre du jour, ne tombe dans des excès et que sa valeur ne soit fréquemment exagérée.

En conséquence, et pour parvenir à des vues plus saines et d'un caractère plus scientifique, on demande de faire équitablement la part du vrai et du faux, de tracer les limites en deça desquelles la méthode est d'un emploi légitime et au delà desquelles elle cesse d'être applicable, de soumettre à une appréciation critique sérieuse les faits qu'elle a mis au jour, les découvertes qu'elle promet et celles qu'on est en droit d'en attendre.

III. Le courant galvanique échauffe le conducteur métallique qu'il traverse; par là, la résistance de ce dernier se trouve accrue, et de cette manière le courant réagit sur lui-même. D'un autre côté, on peut supposer que l'intensité du courant modifie encore la valeur de la résistance en vertu d'une action qui ne dépende pas directement de l'échauffement.

On désire voir étudier, à l'un et à l'autre point de vue, l'influence exercée par l'intensité du courant sur le degré de la résistance. Parmi les métaux pouvant se prêter à cette recherche, le mercure semble être un de ceux qui offriront le plus d'avantages.

IV. On demande la critique, la répétition et l'extension des expériences sur l'électrolyse des sels haloïdes fondus (Faraday, *Experimental Researches*, T. I, art. 538 et suiv. et 978 et suiv.), ainsi qu'un exposé des considérations qui pourront s'en déduire sur la nature de l'électrolyse.

La loi de Faraday sur l'électrolyse est extrêmement simple; mais la question est loin d'être épuisée, et l'ensemble du phénomène est encore couvert d'un voile épais. Aussi désire-t-on surtout voir décider, jusqu'à quel point les expériences précitées sont en opposition avec cette vue supérieure et appuyée par un grand nombre de faits, suivant laquelle aucune électrolyse véritable n'aurait lieu à moins que l'action du courant ne s'exerce sur des sels doubles ou sur des combinaisons qui leur soient équivalentes et analogues.

V. D'après M. G. Ville (Voyez: *Revue des Cours scientifiques*, 1868, N°. 7, pag. 103) l'azote à l'état libre ou élémentaire serait assimilé par certaines plantes, spécialement par les légumineuses. La Société demande que cette opinion soit soumise à un examen critique, et que son exactitude ou sa fausseté soit établie théoriquement ou expérimentalement, et de préférence par l'une et par l'autre voie.

VI. Eu égard aux expériences de M. Graham, la Société demande de nouvelles recherches sur le pouvoir dissolvant des métaux fondus pour l'hydrogène, spécialement en vue de décider s'il existe des combinaisons définies de métaux avec l'hydrogène.

VII. La Société demande une description exacte, accompagnée de figures, des changements qu'éprouve l'organisation des Batraciens pendant leur métamorphose.

VIII. La Société désire voir confirmer ou infirmer, par des expériences faites sur plusieurs métaux différents, l'assertion que les métaux deviennent transparents à une température suffisamment élevée.

IX. La Société demande qu'on décide expérimentalement si le pouvoir lumineux des Lampyris noctiluca et splendidula Linn. doit être attribué à la sécrétion d'une matière particulière, et,

en cas d'affirmative, qu'on recherche la nature et la composition de cette matière.

X. Il existe encore beaucoup d'obscurités au sujet de la cause de la phosphorescence des matières dites phosphores artificiels. La Société demande des recherches approfondies, propres à trancher la question de savoir si cette phosphorescence doit être attribuée uniquement à une oxydation lente.

XI. Tandis que, dans les observatoires météorologiques, la pression et la température de l'air, la direction et la force du vent sont observées d'une manière continue, au moyen d'instruments enregistreurs, on en est toujours réduit, pour ce qui regarde l'humidité de l'air, à quelques observations isolées faites à certaines heures de la journée. La Société demande la construction, soit sur des bases nouvelles soit d'après des principes déjà indiqués (Voyez: Poggendorff's *Annalen*, T. 93, p. 343), d'un instrument enregistreur pour la détermination de l'humidité de l'air, ainsi que la communication des résultats d'observations faites avec cet instrument et continuées pendant au moins une demi-année.

XII. La Société demande un mémoire sur la vie de Koopman (*Mercator*) et de Ortels (*Ortelius*), et sur les services que ces deux savants ont rendus à la Géographie, à l'Ethnologie et à la Cartographie.

XIII. La Société demande qu'on écrive, d'après des documents non encore utilisés, la biographie du baron van Imhoff et l'histoire de son administration comme Gouverneur-général des Indes néerlandaises.

XIV. La Société demande l'analyse de la vie et des relations de voyages des Néerlandais qui, au 17e et au 18e siècle, se sont distingués comme navigateurs ou comme auteurs de découvertes géographiques.

XV. Qu'a-t-on fait jusqu'à présent pour l'étude des langues des peuples soumis à la domination néerlandaise dans les pays d'outre-mer, et quelles sont les lacunes qu'il importerait surtout de combler à cet égard?

La Société rappelle que les questions suivantes ont été mises au concours l'année précédente, pour qu'il y soit répondu

avant le 1er Janvier 1869.

I. La Société demande des recherches approfondies sur la nature du principe infectant du typhus contagieux de l'espèce bovine, ainsi que l'indication des moyens prophylactiques dont l'emploi découle rationnellement du résultat de ces recherches (*Vu la grande importance que la Société attache à la solution de cette question, une prime extraordinaire de cinq cents florins sera allouée, en sus de la médaille d'or, à celui qui apportera une réponse exacte et catégorique à cette question.*)

II. La Société demande un examen détaillé des différentes substances dont le mélange constitue le produit liquide de la distillation sèche de la houille.

III. La Société demande une monographie de l'une ou de l'autre espèce de Mollusques marins, au choix de l'auteur.

IV. Les expériences de M. Tyndall ont montré que l'intensité du son diffère considérablement suivant qu'il se propage dans l'hydrogène ou dans l'air atmosphérique, même à densité égale des deux gaz; la Société demande à ce sujet des expériences comparatives, faites sur au moins trois gaz simples différents.

V. La Société désire voir décider expérimentalement si les extrémités radiculaires des plantes exsudent des matières capables de dissoudre l'acide silicique qui se trouve dans le sol à l'état de quartz.

VI La Société demande sur la décomposition mutuelle des dissolutions salines renfermant des bases et des acides différents, des recherches nouvelles, qui puissent décider entre la doctrine des affinités de Berthollet et celle de Bergman.

VII. La Société demande la myologie comparée des extrémités postérieures des Reptiles et des Oiseaux, avec l'indication des muscles correspondants parmi ceux que l'anatomie a fait connaître chez les Mammifères et en particulier chez l'Homme.

Les descriptions des muscles devront être accompagnées des figures nécessaires.

VIII. Les phénomènes et les particularités que l'observation, dans ces derniers temps, a constatés au sujet des étoiles filantes autorisent-ils des déductions certaines sur la nature de ces météores ?

IX. La Société demande une détermination nouvelle de la constante de l'aberration, détermination déduite d'observations sur les phénomènes que présentent les satellites de la planète Jupiter.

X. Les observations de la surface du Soleil, exécutées systématiquement et au moyen d'instruments perfectionnés, ont fait découvrir, dans ces dernières années, une foule de particularités. La Société demande une appréciation critique des conséquences qu'on en a tirées sur la nature du Soleil.

XI. La Société demande des recherches ultérieures exactes sur les phénomènes remarquables de dissociation découverts par M. H. Sainte-Claire Deville.

XII. La Société demande une description exacte, avec figures, du squelette et des muscles du *Sciurus vulgaris*, comparés à ce que l'on sait, sur ce sujet, des *Lemurides* et des *Chyromys*, pour que la place à assigner à ce dernier genre dans la classification naturelle puisse être déterminée avec plus de sûreté qu'il n'a été possible jusqu'ici.

La Société recommande aux concurrents d'omettre dans leur réponse tout ce qui n'a pas un rapport immédiat avec la question proposée. La Société désire trouver dans tout ce qu'on lui soumet la clarté unie à la concision, et les propositions démontrées nettement distinguées des considérations vagues et des faits mal établis. Elle rappelle, en outre, qu'aucun mémoire écrit de la main de l'auteur ne sera admis au concours, et que même, une médaille eût-elle été adjugée, la remise n'en pourrait avoir lieu si la main de l'auteur venait à être reconnue, entre-temps, dans le travail couronné.

Les billets joints aux mémoires non couronnés seront détruits sans avoir été ouverts, à moins qu'on n'ait découvert que le travail présenté n'est qu'une copie extraite d'ouvrages imprimés; dans ce dernier cas, le nom de l'auteur sera divulgué.

Tout membre de la Société a le droit de prendre part au concours, à condition que son mémoire, ainsi que le billet, soit signé de la lettre L.

Les mémoires, écrits lisiblement, en *hollandais*, *français*, *latin*, *anglais*, *italien* ou *allemand* (mais non en caractères allemands), doivent être accompagnés d'un billet cacheté renfermant le nom de l'auteur, et envoyés franco au Secrétaire de la Société, le professeur E. H. von Baumhauer, à Harlem.

Le prix offert pour une réponse satisfaisante à chacune des questions proposées, consiste, au choix de l'auteur, soit en une *médaille d'or* frappée au coin ordinaire de la Société et portant sur la tranche le nom de l'auteur et le millésime, soit en une somme de *cent-cinquante florins*; une prime supplémentaire de *cent-cinquante florins* pourra être accordée si le mémoire en est jugé digne.

Le concurrent qui remportera le prix ne pourra faire imprimer le mémoire couronné, soit séparément soit dans quelque autre ouvrage, sans en avoir obtenu l'autorisation expresse de la Société.

ARCHIVES NÉERLANDAISES
DES
Sciences exactes et naturelles.

SUR LE LABRADORITE COLORÉ DE LA CÔTE DU LABRADOR,

PAR

H. VOGELSANG.

La collection minéralogique de l'École Polytechnique des Pays-Bas est riche en échantillons de labradorite coloré, formant ensemble un poids d'environ 25 kilogrammes. Il est probable qu'on s'est livré ici comme dans d'autres pays à des essais pour tâcher d'utiliser dans les arts les superbes jeux de couleurs présentés par ce minéral, et que ces tentatives n'ont pas été couronnées du succès qu'on s'en était promis. Presque tous les morceaux sont taillés et polis sur une ou plusieurs de leurs faces; mais comme il n'y en a que quelques-uns qui possèdent des reflets colorés, et que ceux-là mêmes ne les montrent que par places et dans certaines directions, on n'aura pu leur trouver aucun emploi particulièrement avantageux dans la bijouterie, et c'est ainsi sans doute qu'ils seront parvenus dans la collection de l'École Polytechnique, où ils m'ont fourni une occasion favorable pour entreprendre quelques recherches scientifiques.

Cette trouvaille me fut d'autant plus précieuse que, occupé depuis longtemps déjà de l'étude microscopique des minéraux et des roches, l'abondance des matériaux mis à ma disposition

me faisait espérer de pouvoir avancer en quelque chose la solution des problèmes soulevés par les travaux de M. Th. Scheerer [1]), de M. Reusch [2]) et de plusieurs autres savants qui, à diverses reprises, avaient signalé les particularités microscopiques du minéral en question.

D'après l'étiquette qu'ils portent, tous les échantillons proviennent de la côte du Labrador. Au sujet du gisement que le minéral occupe dans ces contrées inhospitalières, on cherche en vain dans la littérature minéralogique et géologique quelques renseignements certains. La petite île Saint-Paul, qui sert ordinairement à préciser les indications, ne figure même pas sur de bonnes cartes de l'Amérique du Nord. Les seules données qui me soient connues sur le point dont il s'agit, se trouvent dans les relations de M. Oscar Lieber et de M. Levin Reichel, publiées dans le Journal de M. Petermann [3]). M. O. Lieber accompagnait, en qualité de géologue, l'expédition envoyée par le gouvernement des États-Unis à la côte septentrionale du Labrador pour l'observation de l'éclipse de soleil du 18 Juillet 1860. Mais le navire à vapeur qui portait l'expédition n'osa s'aventurer sans pilote dans le dédale d'îles qu'il fallait traverser pour atteindre la station des Frères Moraves qui porte le nom de Nain [4]), et ainsi fut malheureusement perdue pour la science cette occasion d'obtenir quelques éclaircissements sur le gisement du labradorite. M. Lieber indique comme principal lieu de provenance du labradorite un *lac intérieur situé à l'ouest de Nain*. Pour notre objet, les communications de M. Reichel ont plus de valeur. Membre de la Direction de la communauté des Frères, l'auteur a séjourné pendant plusieurs semaines à Nain, dans la saison la plus favorable, et il a rassemblé des documents physiographiques très importants sur le pays d'alentour. Malheureusement les faits ob-

---

[1]) Poggendorff's *Annalen*, LXIV, p. 162.

[2]) Poggendorff's *Annalen*, CXX, p. 95.

[3]) Petermann, *Geographische Mittheilungen*, 1861, p. 213; 1863, p. 121; avec plusieurs cartes.

[4]) Voy. la Notice de L. Reichel, 1863, p. 123.

servés appartiennent plus au domaine de la botanique et de la zoologie qu'à celui de la minéralogie. M. Reichel donne comme localité où se trouve le labradorite la baie de Nunaengoak au nord de Nain. Les deux communications s'accordent donc en ce point que le gisement du minéral doit être cherché sur la terre-ferme et non dans Tunnulersoak ou dans l'île Saint-Paul. Cette dernière, île aux formes bizarres, riche en fiords, et d'une superficie de quelques milles carrés seulement, est séparée par un canal étroit de la terre-ferme, au sud de Nain, et n'est, par conséquent, pas située dans le prolongement de la baie de Nunaengoak. Le labradorite se trouve-t-il aussi à Saint Paul, ou bien ne recevons-nous de cette île que l'hypersthène bronzé qui, comme on le verra plus loin, n'appartient probablement pas au même gisement que le labradorite, — c'est là un point sur lequel les communications citées ne nous permettent pas de prononcer. Du reste, les roches dominantes sur toute la côte du Labrador sont le granit et le gneiss.

Tous les échantillons de labradorite que renferment les collections d'Europe paraissent avoir été recueillis à l'état de cailloux roulés; ceux que j'ai examinés ne font pas exception: partout où ils n'ont été entamés, ni par le marteau ni par la meule, ils montrent des contours arrondis. Fréquemment ils empâtent du diallage en parties distinctes, et l'abondance avec laquelle ce même minéral se trouve disséminé, en particules microscopiques, à l'intérieur des échantillons rend probable qu'ils proviennent d'un dépôt de gabbro, dans lequel le labradorite forme un élément subordonné spécial, en masses plus ou moins volumineuses. Le gabbro à son tour est probablement intercalé dans le granit, et ainsi le gisement est peut-être fort semblable, dans sa nature géognostique, à celui du labradorite chatoyant de Hitteroë en Norvège. D'une manière générale, et pour autant que la géologie du Labrador a été explorée jusqu'à ce jour, il paraît exister des analogies remarquables entre les deux pays qui, sous des latitudes à peu près les mêmes, constituent les parties terminales et situées en face l'une de l'autre des deux continents.

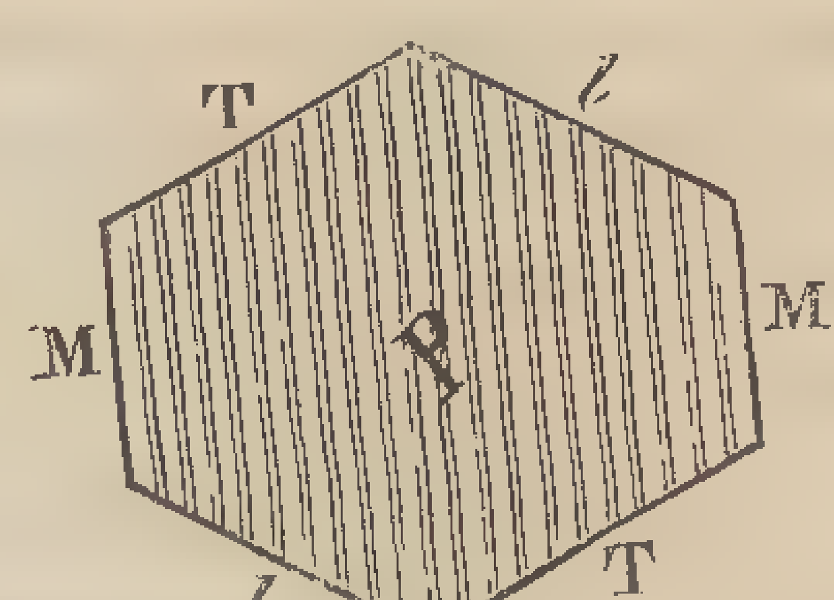
Outre le diallage, on peut encore distinguer, à l'œil nu, le fer oxydé magnétique et, plus rarement, la pyrite comme éléments subordonnés dans les morceaux de labradorite. Le fer oxydulé se montre toujours en grains ou en petites masses irrégulières; il présente l'éclat vitreux dans la cassure et un aspect métallique mat sur les faces polies. Je n'y ai trouvé aucune trace de titane.

Le fer sulfuré existe également en grains à contours irréguliers; mais, dans toute ma provision de labradorite, je n'en ai observé que deux petits fragments de la grosseur d'une tête d'épingle.

La plupart des gros morceaux de labradorite ne montrent aucun clivage régulier et continu, mais laissent plutôt reconnaître clairement qu'ils se composent de plusieurs individus qui, sauf dans les groupements hémitropes dont il sera question tout à l'heure, sont enchevêtrés irrégulièrement.

Les morceaux polis laissent aussi distinguer fréquemment une structure marbrée toute particulière, résultant de l'existence de parties colorées séparées par du labrador incolore. Dans ce dernier on a alors reconnu constamment une inclinaison irrégulière des systèmes d'axes, ou aussi, en général, des clivages moins parfaits; tandis que les portions colorées de semblables échantillons ont ordinairement leurs axes dirigés en chaque point parallèlement.

Par le clivage j'ai réussi à extraire d'un échantillon très frais une forme qui se rapproche beaucoup de l'albite par la valeur des angles.



Un prisme rhomboïdal. T/l forme en avant un angle d'environ 123°. Aux deux côtés il est tronqué par la face latérale M, et il est terminé par la face doublement oblique P, laquelle est inclinée à droite. P/M seul se laisse mesurer avec le goniomètre à réflexion, et a été trouvé égal à 93° 50′. M/T est environ $= 120°$, $P/T = 96°\frac{1}{2}$, $P/l = 103°\frac{1}{2}$.

La facilité des clivages est, en général, trés inégale. M et P se clivent toujours le mieux, et, dans le cas normal, P mieux que M; dans les échantillons qui ne sont pas tout à fait frais, M se laisse au contraire cliver beaucoup plus facilement que P. Souvent, du reste, la même face n'offre pas, dans un même échantillon, un clivage partout également net. P montre ordinairement un éclat vitreux vif, mais souvent aussi, et dans le même échantillon, cette face est terne et blanchâtre. M est fréquemment colorée et brillante, en d'autres points très lamelleuse mais terne. Outre ces deux clivages, il est à peine possible, dans la plupart des cas, d'en pratiquer un troisième; sur quelques échantillons pourtant, T ou *l* apparaît avec une netteté variable.

L'irrégularité qu'on constate dans la facilité relative des clivages, de sorte que dans certains échantillons M se clive mieux que P, est due, comme nous le prouverons plus tard, à une transformation moléculaire secondaire du minéral, tandis que les différences de cohésion qu'on observe sur des échantillons non altérés dépendent d'inégalités primitives, suivant certaines directions, dans l'action de la force de cristallisation, et en partie aussi d'une hétérogénéité du labradorite, ce minéral étant fréquemment associé intimement avec une autre variété de feldspath d'une nature plus acide.

On sait que le labradorite, de même que l'albite, se présente le plus souvent sous forme de groupements hémitropes lamelleux; toutefois il faut se garder de vouloir rattacher invariablement à des macles les stries qu'on peut observer sur l'une ou l'autre face. Les faces P et M montrent très fréquemment, par suite des modifications du clivage dont il vient d'être question, des stries qui peuvent très facilement, surtout lorsque les faces ont peu d'éclat, être prises pour des indices d'hémitropie. Les bandes fines colorées ne sont elles-mêmes pas toujours en combinaison hémitrope avec les lames juxtaposées; le fait ne peut guère être admis, sans autres preuves, que si, en tournant les échantillons, une alternation se manifeste dans le reflet coloré, suivant que les unes ou les autres des lames contigues agissent sur la lumière: or une pareille alternation est loin de s'observer constamment. La manière la plus simple de

constater l'hémitropie dans des échantillons préparés pour l'observation microscopique, consiste à les soumettre au microscope polarisant: la position diverse des axes optiques occasionne alors dans les lamelles contigues une coloration de nuance différente, comme le montre la figure 2 de la planche II.

L'hémitropie, comme on sait, offre deux modes distincts: elle est analogue, soit à celle que présente l'albite, soit à celle qu'on trouve le plus habituellement dans la péricline; de sorte que les arêtes obtuses des macles marchent, parallèlement à P/M, tantôt sur P, tantôt sur M [1]). Il faut donc souvent faire deux préparations différentes pour pouvoir constater le phénomène de polarisation, celui-ci ne se produisant pas, cela va sans dire, sur la face suivant laquelle les individus cristallins se joignent. Tous les échantillons que j'ai ainsi examinés dans deux directions différentes m'ont offert l'hémitropie lamelleuse, et on peut supposer, d'après cela, quelle ne manque que rarement. J'ai été frappé en même temps de la circonstance que les lames d'une espèce étaient ordinairement beaucoup plus minces que celles de l'autre, tandis que les lames d'orientation semblable avaient à peu près la même épaisseur. Lorsqu'on a affaire à des faces de clivage brillantes, on peut se convaincre directement, par la réflexion de la lumière, tant de la particularité que je viens d'indiquer, que de la nature de l'hémitropie en général. Il est encore à remarquer que les échantillons sur lesquels on voit des stries de clivage, qui ne soient pas le résultat de l'association hémitrope, montrent ordinairement sur ces faces de clivage, lorsqu'ils sont placés entre les nicols croisés, une espèce de polarisation lamellaire donnant lieu à des stries lumineuses extrêmement déliées, qu'il ne faut pas confondre avec les stries dues à l'hémitropie.

L'association régulière de lames hémitropes, suivant la loi de l'orthose de Carlsbad, — association qu'on rencontre dans l'albite et que M. G. Rose a aussi décrite dernièrement dans le labradorite du gabbro de Neurode en Silésie, — paraît être rare

[1]) M. G. Rose s'est occupé récemment de l'hémitropie dans le *Zeitschr. der D. G. G.*, 1867.

dans le labradorite de l'Amérique du Nord. Je ne l'ai observée qu'une seule fois sur une table extraite du labradorite à parties irrégulièrement enchevêtrées; un autre échantillon, plus gros que le poing, m'offrit, il est vrai, jusqu'à mi épaisseur, un clivage régulier, uniforme, et une constitution hémitrope lamelleuse; mais l'autre moitié, au lieu de constituer un individu d'orientation différente, n'était de nouveau qu'un agrégat de cristaux irrégulièrement enchevêtrés et unis par du labrador à clivage indistinct.

Le beau reflet coloré que présentent un très grand nombre d'échantillons de labradorite n'a pas trouvé jusqu'à présent, comme on sait, une explication entièrement satisfaisante. Avec plus ou moins de fondement on l'a ramené aux couleurs des lames minces, ou à des phénomènes de réseaux, lesquels seraient produits par les traces des clivages ou par des particules microscopiques étrangères orientées dans la masse. Les importants travaux de M. Reusch ont établi qu'en tout cas il se manifeste dans les échantillons colorés un reflet de clivage analogue au chatoiement de la pierre de lune; mais cela n'explique pas la coloration du labradorite, ou du moins ne l'explique pas complétement.

Un point capital, qu'il ne faut pas perdre de vue, c'est que le labradorite ne montre toujours que certaines couleurs déterminées, et ne changeant qu'entre des limites fort étroites lorsqu'on fait varier l'angle de réflexion. Les couleurs que j'ai pu observer sont le bleu, le vert bleuâtre, le vert doré, le jaune (jaune de laiton), le rouge jaunâtre, le rouge bleuâtre ou violet. Mais une seule de ces couleurs domine dans chaque cas particulier, et elle ne change pas, en général, quand on tourne l'échantillon; son apparition est plutôt liée seulement à la réflexion de la lumière dans certaines directions déterminées. Sur des fragments réguliers, obtenus par clivage, la couleur ne se montre que sur la face M; on peut toutefois, par la taille, s'écarter de plusieurs degrés de cette face, sans que l'effet soit altéré. Sous un angle très obtus, la couleur se manifeste aussi sur la face T du solide de clivage, mais elle provient alors de la combinaison oscillatoire de cette face avec la face M. En tout cas, il ne semble pas qu'elle soit liée à cette dernière face

d'une manière tout à fait rigoureuse. En général, la coloration est le plus intense lorsque les rayons lumineux incidents et réfléchis sont perpendiculaires à l'arête P/T et font avec M un angle de 45 à 50°.

Dans les échantillons de labradorite colorés autrement qu'en bleu, la couleur passe ordinairement au bleu vers les bords; il en résulte alors des bandes colorées, le bord extrême étant occupé par du bleu, auquel succède du vert, puis, éventuellement, du jaune, du rouge ou du violet. Le jaune seul se montre parfois, surtout en bandes fines, sans être limité par un bord bleu.

Lorsqu'on observe le labradorite en objets préparés pour le microscope, par exemple en lamelles n'ayant que 0,05 mm. d'épaisseur, le phénomène de coloration reste le même que sur des échantillons plus épais. Toutefois, en examinant un semblable objet, pris dans du labrador violet, je reconnus que lorsque je lui faisais éprouver une légère flexion autour de l'arête P/M comme axe, au moment où la réflexion lumineuse était dans son plein, le fond uniformément éclairé paraissait se résoudre en une multitude innombrable de lignes fines colorées. Avant tout examen microscopique, je fus amené par là à penser que la coloration, au moins pour cet échantillon, pouvait dépendre d'une cause analogue à celle des reflets dorés du feldspath aventuriné de Twedestrad. M. Scheerer, dans le mémoire cité, avait déjà indiqué cette explication pour un échantillon déterminé; nous verrons plus loin, lorsque je ferai connaître les résultats obtenus dans l'examen microscopique du labradorite coloré, jusqu'à quel point elle peut rendre compte des phénomènes.

La planche I reproduit l'image du labrador violet dont je viens de parler, taillé parallèlement à M, et observé à la lumière transmise, avec un grossissement de 100 fois. La planche II est la même image, telle qu'elle se présente quand on observe par réflexion, à l'aide d'une lumière intense tombant, sous un angle de 45 à 50°, dans un plan perpendiculaire à M et parallèle à la direction longitudinale des aiguilles. Il est à peine douteux que nous voyons ici la coloration violette résolue en ses éléments; mais la coloration du labradorite en général est loin, comme nous le verrons, de

trouver une base d'explication aussi simple qu'on serait tenté de le croire d'après le cas particulier dont il s'agit.

J'ai réuni sous la dénomination commune de *microlites* tous les petits cristaux microscopiques qui ne se prêtent pas directement à une détermination de l'espèce à laquelle ils appartiennent (*V. Archives*, T. II, p. 439). Nous pouvons donc appliquer provisoirement cette dénomination à toutes les aiguilles et lamelles dont le labradorite se montre criblé dans nos dessins, tout en nous réservant d'essayer, plus tard, de les déterminer d'une manière plus précise. Nous distinguons, tout d'abord, des microlites noirs, aciculaires, et des microlites d'un rouge jaunâtre, minces, tabulaires; on en voit, en outre, de tout à fait clairs et diaphanes, qui affectent également la forme d'aiguilles, de lamelles ou de grains, mais à contours plus irréguliers et plus arrondis.

Les grandes lamelles sont couchées suivant la face M, un de leurs bords étant parallèle aux grandes aiguilles; la direction longitudinale de celles-ci correspond à l'arête M/T. Il y a d'autres aiguilles, très minces mais fréquemment d'une grande longueur relative, qui sont disposées suivant des directions diverses, mais très souvent parallèlement à un des bords des lamelles.

L'objet placé sous le microscope étant vivement éclairé par réflexion, si on le fait tourner dans son plan, on voit diminuer peu à peu la lumière réfléchie par les lamelles, tandis que le fond au contraire s'illumine en prenant une teinte bleuâtre; et quand les rayons incidents sont devenus perpendiculaires à la direction des aiguilles, la masse de labradorite située entre les aiguilles apparaît d'un bleu pur, tandis que ces dernières reflètent une lueur claire et brillante.

Des microlites analogues, surtout par les dimensions et l'abondance, à ceux que représentent les planches I et II (V. aussi pl. IV, fig. 1, 5, 6, 7) ne s'observent toutefois que dans le labradorite violet; dans les variétés vertes et jaunes on aperçoit bien certaines matières interposées opaques, qui pourraient être regardées comme des aiguilles imparfaitement développées, mais la plus grande partie des corpuscules étrangers empâtés dans la

masse sont beaucoup plus petits que dans la variété violette.

Sous le rapport des matières microscopiques associées, les échantillons de labradorite d'un vert bleuâtre clair doivent être considérés comme les plus purs ou les plus simples; cela n'empêche pas, toutefois, que lorsqu'on emploie un fort grossissement (4—500) et qu'on fait tomber, sous un angle très obtus, un cône lumineux intense entre l'objectif et l'objet [1]), on ne puisse, en faisant tourner ce dernier, trouver facilement une position dans laquelle une multitude innombrable de petites aiguilles et de petits points sont rendus visibles par la réflexion totale. Vu l'extrême ténuité de ces particules, il est impossible de décider si elles appartiennent à une substance transparente ou opaque.

Les labradorites jaune de laiton ou jaune d'or, en objets préparés pour le microscope, échangent souvent, déjà à l'œil nu, leur couleur jaune contre une coloration verte; sous un grossisse- convenable (2—300) et à la lumière réfléchie, on voit à son tour la couleur verte se résoudre en une teinte d'un jaune mat recouvrant comme d'un voile plus ou moins épais un fond bleu clair. D'autres variétés toutefois, surtout celles à raies jaune d'or fines, conservent une couleur jaune pur. Dans tous ces échantillons, les jaunes comme les verts, on observe des points fins, d'un jaune doré par réflexion et, avec un fort grossissement, rougeâtres par transmission; quelquefois aussi, on voit des lamelles minces, transparentes, d'une teinte variant depuis la limpidité de l'eau jusqu'au jaunâtre, et de formes diverses (Pl. IV, fig. 3).

Si nous cherchons maintenant à expliquer les différentes couleurs du labradorite, en tenant compte des particularités microscopiques qui les accompagnent, nous aurons d'abord, par analogie avec ce qui se passe dans la pierre de lune de Ceylan, à considérer comme source lumineuse la réflexion intérieure sur les joints du minéral. M. Reusch a déjà montré que le plan réfléchissant, ou le plan dans lequel sont compris les éléments réfléchis

[1]) Il est facile de réaliser cette condition quand le support de l'instrument est susceptible de prendre différentes inclinaisons; lorsque le support est fixe et vertical, il faut placer très bas la source lumineuse.

sants, n'est pas toujours le même. J'ai observé également que le reflet lumineux, bien que provenant surtout de P, se forme aussi sur T ou sur *l*, quelle que soit d'ailleurs la cause de l'émergence des rayons: qu'elle soit due simplement aux traces des clivages, ou à des lamelles étrangères transparentes, ou à la réflexion totale sur des microlites opaques. La manière la plus simple de constater cette diversité de la surface réfléchissante, est d'observer les angles sous lesquels se coupent les rayons des étoiles de diffraction auxquelles donne naissance la lumière transmise.

Si l'on regarde la flamme d'une bougie à travers un échantillon de labradorite taillé pour l'observation microscopique, parallèlement à M, on aperçoit une astérie à rayons nombreux, parmi lesquels il y en a ordinairement deux d'un éclat plus prononcé et respectivement perpendiculaires aux arêtes P/M et P/T. L'intensité de ces deux rayons n'est pas constante: c'est tantôt l'un, tantôt l'autre, qui brille le plus; pour tous les deux d'ailleurs, la lumière émise est habituellement d'un blanc bleuâtre.

Si c'est à travers l'échantillon microscopique de labradorite violet, auquel se rapportent les Pl. I et II, qu'on examine la flamme de la bougie, on remarque une astérie à rayons nombreux, dont le plus brillant, dirigé perpendiculairement aux longs côtés des aiguilles et des lamelles, est coloré alternativement, à des distances régulières, en rouge et en bleu. Cette apparence est due au spectre coloré produit par le réseau des aiguilles noires, et dans lequel les rayons bleus sont renforcés par le reflet bleu du minéral, les rayons rouges par la teinte rouge des lamelles, de sorte que ce sont ces deux couleurs dont l'œil est surtout affecté. Il y a encore un autre rayon brillant, qui est blanchâtre et dirigé, comme dans le cas précédent, normalement à P. Du reste, le nombre et la position des rayons varient suivant les variétés du minéral, ce qui est une suite nécessaire de la diversité des clivages.

Celui des phénomènes optiques du labradorite qui s'explique maintenant le plus simplement est le reflet doré que présentent certains échantillons. Il résulte de la réflexion totale sur les microlites déliés et, comme nous le verrons plus loin, de nature

métallique, qui sont situés sur les traces des clivages. Si, en outre, nous admettons provisoirement ici que le bleu est la couleur propre du minéral, ou que la lumière bleue est celle qu'il renvoie de préférence, nous aurons en même temps l'explication de la coloration verte ou violette. En effet, la lumière bleue, que les traces de clivage de P ou d'une autre face rejettent vers l'extérieur, rencontre sur sa route, soit des particules à reflets dorés, soit des matières colorées en rouge: dans le premier cas nous avons du vert, dans le second du rouge bleuâtre ou du violet comme résultat du mélange, dans lequel d'ailleurs peut dominer tantôt l'une tantôt l'autre des deux couleurs élémentaires.

D'après cela, dans les labradorites verts et violets nous avons toujours affaire à des couleurs mélangées, et le reflet bleu est le seul que nous n'ayons pas jusqu'à présent ramené à la présence de matières microscopiques interposées. Nous pourrions, à la rigueur, avoir également recours aux microlites pour rendre compte de ce reflet bleu, puisque la planche II nous montre plusieurs lamelles douées de cette couleur; mais ce mode d'explication ne me satisfait pas. Mes observations ont conduit, sous ce rapport, aux résultats suivants:

Dans certaines variétés d'une teinte bleu foncé homogène on observe, il est vrai, à la lumière transmise, un grand nombre d'aiguilles noires (pas de lamelles), toutes dirigées dans le même sens. Mais, à la lumière réfléchie, ces aiguilles paraissent habituellement dorées ou rougeâtres; en outre, quelque faible que fût leur couleur bleue, elle devrait pourtant se manifester lorsque, l'échantillon étant traversé obliquement par la lumière, les réflexions répétées sur les aiguilles en renforceraient la coloration superficielle. Le motif principal, toutefois, qui s'oppose à une pareille explication de la couleur bleue, c'est que celle-ci n'est nullement liée à la présence d'aiguilles ou de microlites en général. J'ai mentionné plus haut la manière dont les labradorites verts se comportent sous le microscope; et, en effet, dans cette variété on voit le plus souvent très distinctement que les matières étrangères associées ne font qu'altérer le bleu foncé pur et transparent, en le changeant en vert jaunâtre. Lorsque je choisissais sur les bords les endroits

qui, à la lumière réfléchie, paraissaient d'un bleu pur, et que je les examinais à la lumière transmise, je trouvais régulièrement que c'étaient les parties les plus homogènes, et parfois même il m'était absolument impossible de découvrir en ces points aucun microlite, même avec le plus fort grossissement.

La couleur bleue du labradorite demande donc une explication spéciale, dont le principe doit résider uniquement dans la réflexion sur les clivages et dans les autres particularités cristallographiques du minéral. Un phénomène de réseau, la réflexion sur les traces de clivage, pourrait suffire à l'explication; toutefois, en me fondant sur mes observations, je crois pouvoir dire dès à présent, que la coloration bleue du labradorite est un phénomène de polarisation, produit par le passage des rayons réfractés d'une lamelle dans une autre dont les plans de vibration ne coïncident pas avec ceux de la première. Il en résulte une différence de phase et une interférence des rayons lumineux dans la réflexion, tout comme pour les couleurs de polarisation ordinaires. La réalité de cette explication est démontrée par les modifications que la lumière bleue du labradorite éprouve quand on l'observe à l'aide de la lumière polarisée. — En observant le labradorite bleu à travers un prisme de Nicol, on remarque que la couleur est affaiblie dans certaines positions du prisme; lorsqu'on éclaire la pièce par de la lumière polarisée, et qu'on observe alors le reflet à travers un prisme de Nicol, on trouve deux directions dans lesquelles la couleur s'est perdue entièrement. Je crois pouvoir me passer ici du développement physique de ce fait, d'autant plus, que je serais obligé de rappeler en bloc les phénomènes de polarisation dans les cristaux. Je viens de rattacher l'explication à deux lamelles superposées, et l'hémitropie du labradorite pourrait venir au secours de cette théorie. Pourtant je ne crois pas que le phénomène exige deux individus distincts, posés d'une manière différente, mais bien plutôt qu'on peut l'expliquer par le caractère microlitique d'un seul et même cristal. — J'observe encore que, pour les expériences dont il s'agit, on ne doit faire usage que de la lumière bleu foncé bien pure du labradorite: les matières étrangères interposées nui-

sent aux observations dès qu'elles occasionnent elles-mêmes une coloration propre. Les labradorites d'une couleur bleu foncé pure sont, il est vrai, les plus rares, bien que j'en possède plusieurs échantillons; mais dans les variétés vertes et violet clair, surtout quand on les examine en échantillons préparés pour le microscope, il n'est ordinairement pas difficile de trouver aussi quelques parties isolées qui se prêtent à l'observation.

Il serait possible, évidemment, d'interpréter de la même manière, comme phénomène de polarisation, toute autre couleur ou coloration du labradorite; je pense néanmoins que pour les colorations jaunes, et surtout pour les vertes et les violettes, l'explication donnée ci-dessus doit être maintenue: c'est-à-dire qu'il faut rapporter les rayons jaunes à la réflexion totale et les rayons rouges à l'absorption partielle de la lumière par des microlites interposés. Dans tous les cas, la lumière qui donne lieu à la coloration est réfléchie par P, ou aussi par T.

Ce qui précède ne s'applique pas, naturellement, au cas où les lamelles situées dans la face M réfléchissent déjà de la lumière diversement colorée, comme cela a lieu pour le labradorite violet représenté dans les planches I et II. Quelle que soit d'ailleurs la cause de cette diversité de couleurs, leur réflexion simultanée donne encore naissance à un rouge bleuâtre, mais qui ici provient uniquement de la face réfléchissante M ou des lamelles qui s'y trouvent disséminées. Il faut remarquer aussi que la direction de réflexion à laquelle correspond la planche II n'est pas, comme nous l'avons déjà dit, celle dans laquelle les reflets colorés sortent de la pierre avec toute leur vivacité; dans cette direction tout ce que nous percevons, à l'œil nu comme sous le microscope, c'est la lumière diversement colorée réfléchie par des microlites isolés. L'image de la planche II n'est donc pas la décomposition des rayons réfléchis par la surface ou par quelque plan parallèle situé au-dessous d'elle.

La cause de la diversité des couleurs réfléchies par les lamelles doit être cherchée essentiellement dans leur nature minéralogique, nature que nous essaierons de déterminer plus loin; mais

nous devons faire observer dès à présent, que la simple explication par interférence des rayons lumineux dans des lamelles minces incolores se trouve tout d'abord exclue: en premier lieu parce que, ainsi que nous l'avons vu, les lamelles ne sont pas incolores, et en second lieu parce que nous ne constatons pas par transmission une coloration complémentaire de la couleur réfléchie, ce qui devrait pourtant avoir lieu dans l'hypothèse énoncée.

La preuve que la structure plus ou moins cristalline de la masse, et spécialement le degré de facilité du clivage, joue un rôle essentiel dans la coloration du labradorite, c'est que les échantillons colorés se clivent habituellement mieux que les fragments incolores. Mais, avec cette netteté variable du clivage est en connexion intime la distribution régulière ou irrégulière, parallèle ou non parallèle, des microlites: de sorte que, dans tous les cas où de la lumière est reflétée à l'intérieur du cristal, cette lumière rencontre aussi des microlites orientés régulièrement, et vice-versâ. Ainsi s'explique pourquoi on n'observe aucune coloration dans certains échantillons ou dans certains points, bien qu'il s'y trouve une ou plusieurs espèces de microlites: ceux-ci sont alors toujours situés irrégulièrement et le labradorite est imparfaitement clivable. Pour que le phénomène de coloration se manifeste, il n'est, bien entendu, pas nécessaire que tous les microlites sans exception affectent la disposition parallèle. Au contraire, on voit dans les échantillons colorés, outre les directions déterminées dont dépend la coloration, encore beaucoup d'autres directions qui sont également marquées par des aiguilles ou des lamelles; mais celles-ci sont alors tellement subordonnées, quant au nombre et à la dimension, qu'elles n'empêchent pas l'effet chromatique de se produire. D'un autre côté, la disposition des microlites dans les labradorites non colorés n'est probablement jamais tout à fait irrégulière; on y discerne presque toujours certains plans privilégiés, correspondants à des clivages; mais ces plans, sur lesquels le jeu de lumière et de couleur devrait prendre naissance, ne sont pas assez prédominants.

Je possède quelques échantillons de labradorite altérés qui mon-

trent encore sur M une couleur jaune rougeâtre très terne. Le foyer lumineux interne est ici détruit par la transformation moléculaire, et il ne reste plus que la coloration due aux lamelles rougeâtres.

D'une manière générale, on peut donc admettre que la face P fonctionne habituellement comme source de lumière, et que les éléments colorants sont stratifiés suivant M, et de plus parallèles à l'arête M/T lorsqu'ils affectent la forme aciculaire.

Il est parfois facile de constater la disposition régulière des plus petits microlites dans les macles finement striées qui montrent une alternation dans les reflets colorés. La fig. 1, planche III, reproduit l'image d'une pareille macle: on voit comment, dans les lames juxtaposées, l'angle obtus de la macle, placé sur l'arête M/T, se reconnaît aussi aux microlites enclavés. Si la coloration est liée à la face M, les macles de la première espèce, où la normale à M est l'axe d'hémitropie, ne peuvent pas, à proprement parler, montrer de stries colorées. J'ai bien trouvé une macle de cette espèce qui laissait apparaître sur P des lignes dorées très fines, mais aucune alternation n'était visible: les lames intermédiaires restaient toujours incolores. L'examen microscopique dévoila que les microlites réfléchissants n'en étaient pas moins couchés suivant M, et principalement, sous forme de petits points très serrés, sur les faces de jonction des lames. Dans la position favorable ils lançaient vers le haut, à travers P, leur reflet linéaire.

Un autre échantillon préparé, qui montrait tout à fait le même phénomène, mais qui n'avait pas été taillé dans une direction déterminée d'avance, ne donna dans l'appareil de polarisation aucun signe d'hémitropie, au moins d'hémitropie telle que les faces d'accolement fussent coupées par la face taillée. De ce qui a été dit plus haut il résulte toutefois, que les microlites peuvent aussi dans un seul et même individu être disposés en couches successives parallèles à la face M. Les stries de *coloration* ne correspondent donc pas nécessairement à des stries *d'hémitropie*, et les premières pourraient, dans une macle lamelleuse, émaner de deux faces différentes.

On s'explique ainsi, que l'apparition de stries fines mais non

alternantes soit un des phénomènes les plus habituels dans les échantillons de labradorite taillés et polis.

Si les clivages nous éclairent sur la situation des microlites, ceux-ci réciproquement expliquent quelques particularités relatives aux clivages et dont il a été question plus haut. Dans les labradorites altérés par les agents atmosphériques (et qui ordinairement ont perdu leurs couleurs) M se clive toujours plus facilement que P, selon toute probabilité parce que dans cette direction les matières étrangères interposées favorisent la transformation moléculaire. Dans les échantillons frais P est toujours la face de clivage la plus parfaite; mais à mesure que la métamorphose secondaire se prononce, le clivage primitif, cristallographique, se change en une désagrégation, une exfoliation, et celle-ci fait des progrès plus rapides suivant M que suivant P.

Parmi les matières empâtées dans la macle que représente la planche III, se voit aussi une espèce de concrétion arrondie, à structure finement rayonnée, comme on en trouve assez fréquemment au sein des masses de labradorite bien clivables. A l'intérieur de cette concrétion les petits microlites ponctiformes sont logés, en groupes serrés, entre les rayons. Un aspect analogue est offert par la masse labradorique aux limites ou dans les interstices d'individus cristallins irrégulièrement enchevêtrés. Il paraît être dû à un développement microlitique moins parfait du minéral, et il est probablement accompagné d'une différence dans la composition chimique.

La masse des matières étrangères enclavées, leur volume total comparé au volume du labrador, est très variable; pour autant que cela pouvait se faire par l'observation microscopique, j'ai évalué, dans le labrador violet, le volume des grandes aiguilles à 1 jusqu'à 3 pCt., suivant le point observé. Le *nombre* des microlites contenus dans un volume déterminé est susceptible d'être apprécié avec plus de précision; les résultats toutefois s'écarteront encore beaucoup entre eux, suivant l'échantillon qu'on aura choisi et le point dans lequel on l'aura examiné. Dans le labradorite violet figuré Pl. I et II, le nombre des microlites s'élève au minimum à 10,000 par millimètre cube; mais pour d'autres varié-

tés, jaunes et gris foncé, le calcul m'a donné un nombre au moins dix fois plus considérable, de sorte qu'il y avait ici, dans l'espace borné d'un centimètre cube, plus de cent millions de petits cristaux étrangers.

Si dans les échantillons plus ou moins volumineux les microlites sont répartis inégalement, il est incontestable au contraire que dans des parties limitées, probablement terminées irrégulièrement dans la masse, il existe une certaine uniformité sous le rapport de l'abondance, des dimensions et de la forme des microlites: de sorte que l'on trouve, ici, surtout des aiguilles et des lamelles assez grandes; là, seulement des aiguilles déliées; ailleurs, rien que des lamelles, etc.

Il nous reste maintenant à essayer de déterminer d'une manière plus précise la nature des microlites. Bien que les recherches de ce genre ne présentent pas de grandes difficultés quand on dispose de matériaux suffisants, je ferai observer pourtant qu'on ne doit pas s'attendre à voir, dans l'étude microscopique d'un objet unique, défiler sous ses yeux la série entière des modifications qui peuvent conduire à une spécification exacte. Pour établir les faits qui ont déjà été rapportés et ceux dont il sera question plus loin, il m'a fallu préparer 36 échantillons microscopiques différents, et modifier successivement, dans le cours des observations, mes premières présomptions sur la nature des microlites.

Il me parut désirable de pouvoir m'appuyer dans mes déterminations sur une connaissance exacte de la composition chimique du labradorite, et comme on ne possède qu'un petit nombre d'analyses d'échantillons de la même provenance que les nôtres, analyses qui ne font d'ailleurs aucune mention du genre de coloration, j'acceptai avec reconnaissance l'offre qui me fut faite par mon collègue, le professeur A. C. Oudemans Jr., de soumettre le labradorite à un nouvel examen chimique. L'analyse fut exécutée sur un fragment du même labradorite violet qui avait fourni les objets microscopiques figurés dans les planches I et II; le résultat trouvé fut le suivant:

Silice	56,21
Alumine	29,19
Oxyde de fer.	1,31
Chaux.	11,14
Magnésie	0,51
Soude	1,37
Potasse	trace
Perte par calcination. . . .	à peine sensible
	99,73

Cette analyse s'éloigne des anciennes analyses de Klaproth et de Thomson, non-seulement par la proportion assez élevée de silice, mais aussi, ce qui est à noter, par une quantité moindre de soude et une quantité plus grande de chaux. Combinée avec les observations sur l'hétérogénéité des échantillons de labradorite, que nous avons rapportées plus haut, cette différence pouvait faire soupçonner une association de variétés distinctes, telle que le ciment servant de lien aux individus bien développés fût d'une autre composition chimique que ces derniers. Il n'y avait pas à songer à une séparation mécanique des deux éléments, vu l'intimité de leur association et la similitude de leurs propriétés physiques. Pour avoir néanmoins un terme de comparaison, je priai M. le professeur Oudemans de vouloir bien analyser aussi un labradorite qui était blanchâtre, non translucide et très imparfaitement clivable. Un échantillon de ce labradorite, examiné au microscope, montra qu'il était composé d'un grand nombre d'individus distinctement clivables et renfermant des microlites, mais liés entre eux par une masse faiblement translucide et imparfaitement cristallisée. Après que le morceau eut été grossièrement pulvérisé, on choisit spécialement pour l'analyse les grains que leur opacité et leurs clivages rudimentaires signalaient comme contenant une quantité relativement forte de la substance agglutinante. L'analyse donna:

Silice	58,1
Alumine. / Oxyde de fer.	27,9
Chaux	9,4
Magnésie	trace
Soude	5,1
	100,5

La proportion de soude est ici notablement plus élevée, et celle de l'acide silicique se rapproche déjà de ce qu'on trouve dans certaines variétés d'oligoclase; les rapports de l'oxygène prennent les valeurs 1 : 3 : 8. D'après cela, et en considérant l'hétérogénéité des échantillons de labradorite, il devient extrêmement probable que dans les concrétions du genre de celle que représente la fig. 1, Pl. II, ainsi que dans le ciment imparfaitement cristallisé des agrégats labradoriques, il existe, comme élément essentiel, une autre espèce feldspathique, plus acide et plus riche en soude.

Si l'on voulait attribuer les microlites principalement à une combinaison métallique, il n'y aurait, d'après la première des analyses communiquées, à utiliser pour cette combinaison que la faible proportion de 1,31 pCt. d'oxyde de fer. Or, comme il est assez naturel que les mêmes minéraux dont le labrador empâte des parties plus ou moins volumineuses, bien déterminables, se retrouvent aussi parmi les microlites, je commençai par rechercher la présence du fer oxydé magnétique.

En ne faisant usage que de fragments purs, c'est-à-dire paraissant homogènes à l'œil nu, je pus, à l'aide d'un aimant, extraire de la poudre de toutes les variétés des particules fines que l'essai chimique caractérisa comme fer oxydé magnétique. Parmi les substances associées j'ai cité précédemment, comme cas rare, le fer sulfuré; l'analyse ci-dessus n'indique pas de soufre, et les particules séparées au moyen de l'aimant se montrèrent également exemptes de soufre; la pyrite ordinaire et la pyrite magnétique doivent donc être exclues du nombre des minéraux auxquels les microlites pourraient être rapportés.

Bien que le fer oxydé magnétique n'existe dans le labradorite qu'en très petite quantité, on peut pourtant en retirer, de 10 à 15 grammes du minéral pulvérisé, autant qu'il est nécessaire pour un essai chimique ou pour l'examen microscopique. A l'aide d'un fort grossissement, on voit que les particules isolées sont excessivement petites et qu'elles ne constituent une masse compacte, noirâtre, crochue, que grâce à leur adhérence intime. Vues isolément ou sur les bords des agrégats, elles sont rougeâtres par translucidité; la masse entière, éclairée par réflexion, offre les teintes de l'acier trempé et recuit, jaune, rouge ou bleu, et paraît d'un jaune d'or brillant quand la réflexion devient totale.

Il n'y a donc aucun doute qu'au moins une partie des microlites ne consiste en fer oxydé magnétique. Mais il est non moins certain, que tous, ni même la majorité d'entre eux, ne peuvent appartenir à cette espèce minérale; leurs contours cristallographiques s'y opposent, et leur proportion relative également, car le volume des microlites était en tout cas plus grand que la masse totale des particules extraites par l'aimant. Sous ce dernier rapport, on ne remarquait aussi aucune différence notable suivant le mode de coloration du minéral, tandis que, pour l'ensemble des microlites, l'observation microscopique avait, comme nous savons, signalé d'importantes inégalités entre les variétés diversement colorées.

Ce n'est que dans le labradorite violet que les microlites se prêtent à des déterminations cristallométriques microscopiques. Mais il n'est pas douteux, au moins pour le labradorite de la localité que nous avons en vue, que les microlites d'une certaine grandeur ne soient, dans toutes les variétés, de la même espèce: on y trouve, en effet, tous les passages possibles sous le rapport de la forme et des dimensions.

Par l'étude comparée, on arrive promptement à la conviction, que les aiguilles foncées et les lamelles claires du labradorite violet sont, au fond, un seul et même minéral. Les contours cristallographiques sont, le plus souvent, tout à fait les mêmes, et il n'y a de différence que dans l'extension relative, laquelle rend compte également, jusqu'à un certain point, de la diversité des

couleurs. Les aiguilles noires ne doivent pas être regardées comme des tables autrement situées, mais seulement comme des cristaux plus épais et plus étroits que le reste. A l'endroit figuré dans les planches I et II, les profils les plus nombreux sont des tables rectangulaires, allongées dans un sens ou dans l'autre, et tronquées par un prisme rhomboïdal très obtus. Les formes rhomboïdales, en général, y dominent: soit dans la combinaison qui vient d'être mentionnée, soit aussi comme tables simplement rectangulaires ou, plus rarement, rhombiques. Par contre, un prisme plus aigu se montre encore quelquefois sur les angles, soit seul, soit surajouté au premier prisme. Dans d'autres échantillons toutefois, les lamelles offrent des contours plutôt monoclinoédriques: il arrive que les formes rhomboïdales sont développées principalement suivant une des faces prismatiques; parfois aussi, les troncatures opposées des tables rectangulaires sont seules égales, les troncatures adjacentes inégales; ou bien on voit, surtout dans les aiguilles, des formes ne portant qu'une troncature oblique simple. La fig. 1, planche IV, reproduit ces différentes formes, telles qu'elles ont été dessinées à la chambre claire et avec un grossissement de 400 fois. En ce point, les petits cristaux aciculaires du labradorite violet sont translucides et jaunâtres, tout comme les lamelles proprement dites. Mais, en ce qui concerne la délinéation des formes, la même figure pourrait servir aussi pour les microlites noirs, lesquels présentent, sous ce rapport, des modifications exactement semblables. Il faut remarquer d'ailleurs que parmi les microlites, tant translucides qu'opaques, on rencontre aussi beaucoup de formes irrégulièrement arrondies ou oblitérées, sur lesquelles je reviendrai plus loin.

Parmi les angles mesurables, ceux qui se reproduisirent le plus fréquemment furent les angles propres à la combinaison dont il a été question en premier lieu et qui domine dans les planches I et II. Des mesures répétées leur assignèrent respectivement des valeurs de 154 à 155° et de 115 à 116°. [1])

[1]) Les goniomètres microscopiques ne permettent pas d'aller au-delà des degrés dans les déterminations d'angles.

Si maintenant on songe d'abord aux combinaisons métalliques rhomboïdales, l'idée qui se présente le plus naturellement, d'après les résultats de l'analyse, est de regarder les microlites comme de la *gœthite* (*Nadeleisen*): ce qui expliquerait, d'une manière générale, non-seulement la nature géométrique des contours, mais aussi les deux aspects différents d'aiguilles et de lamelles. Toutefois, l'angle que le prisme transversal ordinaire de la gœthite fait avec la face transversale est plus grand (159° 15′); pour un cas isolé, l'écart pourrait être mis sur le compte des erreurs d'observation, notamment d'une inclinaison des lamelles sur l'axe de l'instrument; mais l'angle fut trouvé si constant, même lorsque je pouvais m'assurer directement que le cristal avait la position convenable, — ce qui, vu le peu d'épaisseur des lamelles, était facile par un mouvement de haut en bas et de bas en haut, — que je me vis conduit à de nouvelles recherches et, par suite, à l'abandon de ma première supposition.

Ce fut d'abord l'action des réactifs qui vint confirmer que la substance des microlites n'était pas de l'hydrate d'oxyde de fer. Un échantillon microscopique, qui était resté pendant quatre jours dans l'acide chlorhydrique chaud, et que l'action du liquide avait fortement attaqué dans sa masse principale, ne montra aucune altération dans la forme des aiguilles et des lamelles; la couleur de ces dernières avait seulement un peu pâli. L'acide contenait une trace de fer, ce qui pouvait être attribué à la décomposition des petits microlites ponctiformes de fer oxydé magnétique.

La manière dont les microlites se comportaient à l'égard de la lumière transmise et de la lumière réfléchie m'avait surtout induit à y voir une combinaison métallique; mais il fallut bien renoncer à cette vue lorsque je retrouvai tout à fait les mêmes contours géometriques dans certains corpuscules diaphanes qui, sous des formes irrégulières, s'étaient déjà offert à moi depuis longtemps et que j'avais alors rapportés au diallage. Des lamelles et des aiguilles tout à fait analogues à celles que représentent les planches I et II et la figure 1 de la panche IV, mais

parfaitement diaphanes et limpides, peuvent être observés ça et là, isolément.

Toutes les déterminations goniométriques qu'il fut possible d'effectuer sur les lamelles et les aiguilles trouvent leurs analogues parmi les angles du pyroxène. L'angle 154° se rencontre deux fois dans la zone horizontale: comme combinaison du prisme principal avec le prisme deux fois plus aigu ($m\,g^2$ Des Cloizeaux $= 154°\ 2'$), et comme combinaison de la face longitudinale avec le prisme trois fois plus obtus ($g^1\,g^3$ D. Cl. $= 154°\ 35'$); ce dernier cas s'adapte aux formes des planches I et II. Une lamelle hexagone, diaphane et incolore, offrit 4 fois l'angle 133°, c'est à-dire l'angle du prisme principal avec la face transversale ($m\,h^1$ D. Cl. $= 133°\ 32'\ 30''$). Le même angle a été observé dans plusieurs lamelles jaunâtres. Dans les tables rectangulaires doublement tronquées, j'ai, en outre, mesuré plusieurs fois les angles 157°, 137°, 144° et 156°, qui se retrouvent tous dans la zone diagonale de P et du prisme principal, comme combinaisons de ces faces avec des paires augitiques ou de ces dernières entre elles.

L'assimilation au pyroxène rend donc parfaitement compte des formes des microlites. Le reflet métalloïde que le diallage montre sur son clivage principal explique en même temps leurs caractères optiques; et, d'un autre côté, l'analyse est dans un accord beaucoup plus satisfaisant avec l'examen microscopique et magnétique lorsque, ne rapportant qu'une partie du fer à l'oxyde magnétique, nous attribuons le reste, comme protoxyde, au diallage.

Pour embrasser toutefois avec succès, dans une explication commune, les nombreuses modifications de formes et de couleurs que présentent les microlites, nous avons besoin d'étudier d'un peu plus près les propriétés physiques du diallage que nous trouvons associé au labradorite. Dans mes échantillons de labradorite j'ai rencontré plusieurs parties de diallage qui remplissaient un espace d'au moins un centimètre cube. Les formes sont arrondies à l'extérieur, et plusieurs individus, à ce qu'il semble, y sont accolés irrégulièrement. La couleur est vert foncé à la surface, plus claire à l'intérieur, d'un bronze métalloïde sur le clivage le plus par-

fait. Il faut bien distinguer ce diallage de l'hypersthène, de couleur foncée et à éclat métallique, qui arrive également de l'île Saint-Paul dans nos collections.

Le diallage se distingue, comme on sait, par la facilité du clivage suivant la face transversale. Il est digne de remarque toutefois, que ce clivage ne se répète pas, pour ainsi dire, indéfiniment comme dans le mica: j'ai observé, aussi bien sur le diallage du Labrador que sur celui d'autres localités, que les lames qu'on peut détacher ont une épaisseur variable, souvent très minime il est vrai, mais qui d'autres fois descend à peine au-dessous d'un millimètre. Ces lames, subdivisées, offrent ordinairement une cassure irrégulièrement fibreuse, de sorte qu'il faudra peut-être rattacher la structure micacée du minéral à une métamorphose secondaire plus ou moins uniforme [1]). Cette conjecture trouve un certain appui dans les résultats de l'étude microscopique du minéral.

Après maint essai infructueux, je parvins enfin à réduire en échantillon propre à l'observation microscopique et taillé suivant une direction cristallographique déterminée, un fragment assez considérable de diallage avec la masse labradorique environnante. Le diallage était coupé parallèlement à la face terminale ou base, quand on admet que celle-ci est à peu près perpendiculaire au clivage principal. La fig. 2 de la planche IV reproduit une partie de l'image microscopique. On voit que l'intérieur du cristal montre, pour ainsi dire, une structure microlitique, la masse étant comme pénétrée de particules aciculaires excessivement déliées. Ces petites aiguilles sont en elles-mêmes de couleur assez claire et transparentes, mais elles enveloppent des matières irrégulièrement conformées et d'un vert noirâtre auxquelles est due, en grande partie, la couleur de la masse. Les aiguilles affectent trois directions différentes. La mieux accusée forme avec la face transversale un angle obtus d'environ 130°; mais on observe aussi des

---

[1]) M. G. Rose a également signalé ce fait dans son Mémoire sur la formation de gabbro de Neurode en Silésie, inséré dans le *Zeitschr. der D. G. G.* 1867, p. 281.

stries fines parallélement à cette face transversale [1]). Dans cette dernière direction on voit en outre distinctement, à des distances de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{4}$ de millimètre, des traces brunâtres qui, sous un fort grossissement, laissent apparaître une ou deux séries de points foncés très petits. Ces traces correspondent, sans doute, au clivage facile avec reflet métallique, tandis qu'au bord extérieur de l'objet, surtout à la limite antérieure, on ne voit aucun indice de faces régulières de séparation. La démarcation entre le cristal de diallage et le labradorite est assez nettement tranchée, le cristal étant entouré par une zone de couleur claire qui le sépare d'autres productions diallagiques, irrégulières et plus petites.

Le diallage empâté en parties plus ou moins volumineuses offre toujours des caractères analogues à ceux que nous venons de décrire; seulement, on comprend qu'on ne puisse plus constater les relations entre la structure intérieure et la forme extérieure lorsqu'on a devant soi une coupe indéterminée et le plus souvent irrégulièrement limitée. Les particules diallagiques plus petites montrent encore fréquemment des formes plus ou moins réguliè-res, mais habituellement elles ne peuvent pas être distinguées, dans leurs caractères physiques, de grains microscopiques de pyroxène. Un cristal semblable est compris dans la fig. 1 de la pl. III; on voit que les contours extérieurs sont ici déjà plus ou moins arrondis. De cette manière, on remarque un passage à d'autres formes, tout à fait irrégulières, globuleuses, cylindroïdes, en massue, qu'on n'est autorisé à rapprocher du diallage bien déterminé que précisément à cause de ce passage graduel. Les granules arrondis, translucides et faiblement colorés sont alors rassemblés en groupes et mêlés avec des lamelles et des granules foncés, comme on l'a figuré en plusieurs points de la planche I et aussi dans les fig. 4 et 5 de la planche IV. Parfois, quel-

[1]) Dans une autre partie de l'objet je reconnus, surtout près du bord extérieur, encore d'autres directions; mais il serait impossible de dire avec certitude si le tout ne formait qu'un seul et même individu diallagique. En tout cas, cette structure intérieure des cristaux et ses relations avec la forme extérieure méritent bien de fixer l'attention.

ques-uns des microlites ainsi groupés sont aciculaires; d'autres fois l'ensemble affecte la forme régulière des lamelles; mais ce genre d'hétérogénéité est surtout fréquent parmi les. aiguilles opaques, qui ne sont souvent qu'un assemblage d'innombrables particules tant claires que foncées.

En regardant chacune des particules claires comme représentant, en quelque sorte, une des aiguilles dont le grand cristal de diallage s'est trouvé composé, on obtiendra l'explication la plus simple des différentes modifications des microlites diallagiques; on comprendra que la forme régulière, là où elle se montre, doit toujours être analogue à celle des grands cristaux, mais que les autres caractères physiques, surtout le clivage et la couleur, peuvent être différents dans les microlites. Pour *l'extension* que ceux-ci ont pu prendre, il paraît que c'est plutôt la force de cristallisation du labradorite ambiant que celle du diallage, qui a joué le rôle déterminant: de telle sorte, qu'il a dépendu de la rencontre symétrique ou dissymétrique de certaines directions, — savoir des zones cristallographiques du diallage avec les clivages du labradorite, ou de ces derniers entre eux, — que les microlites se soient développés en corpuscules arrondis, en aiguilles, ou en lamelles. Il n'est donc nullement nécessaire que la configuration extérieure soit la même pour tous les microlites, ni qu'elle corresponde toujours au clivage principal du diallage. Toutefois, il faut observer qu'ordinairement, sur une certaine étendue à l'intérieur de la masse de labradorite, les microlites sont disposés, non seulement d'une manière analogue par rapport à cette masse, mais aussi, comme nos figures l'indiquent, parallèlement entre eux; et qu'ainsi, dans les limites de cette étendue, l'ensemble pourrait aussi être considéré comme un seul cristal de diallage, régulièrement pénétré et divisé par de la matière labradorique.

Les lamelles elles-mêmes ne sont pas toujours circonscrites régulièrement. Dans le labradorite violet on trouve beaucoup de configurations arrondies et dentelées, telles, entre autres, qu'on les voit représentées dans les fig. 6 et 7 de la pl. IV. Un labradorite jaune, auquel se rapporte la fig. 3 de la pl. IV, renferme

des lamelles fines, dont la plupart ont un angle égal, mais qui sont d'ailleurs irrégulièrement allongées; les plus petites sont souvent cunéiformes. Les microlites déliés contenus dans la macle de la pl. III offrent la plupart des contours lancéolés; fréquemment ils sont soudés à des grains excessivement fins de fer oxydé magnétique. Les grandes lamelles ont souvent un aspect fragmentaire, et parfois les fragments voisins paraissent se rapporter à un même tout antérieur (V. Pl. IV, fig. 7), comme si les lamelles avaient été décomposées et entraînées partiellement, ou comme si l'accroissement du labradorire les avait rompues et disjointes.

Pour bien se rendre compte de la différence frappante de coloration entre les microlites clairs et translucides et les microlites noirs et opaques, il faut aussi se rappeler ce qui a été dit ci-dessus de l'hétérogénéité d'un grand nombre de ces aiguilles foncées.

C'est un fait assez communément observé, que les minéraux pyroxéniques se présentent dans les roches, lorsqu'on les examine au microscope, comme des matières de nature non entièrement identique. Tandis que, dans beaucoup de cas, les particules étrangères foncées sont circonscrites irrégulièrement et doivent peut-être souvent être regardées comme des produits de décomposition terreux, analogues à la serpentine, dans d'autres roches on reconnaît distinctement, à l'intérieur des cristaux de pyroxène, du fer oxydé magnétique en petits grains rares ou nombreux. Dans le labradorite, les matières hétérogènes aciculaires ou lamelliformes, du genre de celles qu'on voit dans les fig. 4 et 5 de la pl. IV, sont très abondantes. La détermination précise des particules claires et foncées est d'autant plus difficile, qu'une différence toute semblable apparaît dans les grands cristaux bien développés: qu'on songe seulement, d'un côté au diopside vert clair, de l'autre à l'augite noire des basaltes; ou bien qu'on compare l'aspect vert noirâtre ordinaire du diallage à la teinte claire d'une lame mince taillée pour le microscope. En outre ce sont spécialement, comme on sait, les minéraux pyroxéniques qui, par une altération secondaire, se transforment fréquemment en substances terreuses, chloritiques ou serpentineuses, lesquelles, à l'état de division

microscopique, sont ordinairement de couleur foncée et opaques.

Des microlites lamelliformes exactement semblables à ceux qui existent dans l'hypersthène de Saint-Paul et que M. Scheerer a décrits le premier, ne se sont présentés à moi, jusqu'à présent, ni dans le diallage du Labrador, ni dans ce même minéral ou dans l'hypersthène d'autres localités, ni, par conséquent, dans les roches de gabbro. Je regarde du reste les lamelles foncées de l'hypersthène de Saint-Paul comme consistant aussi en diallage; elles ne sont pas attaquées par l'acide chlorhydrique chaud. Je pense que la diversité des clivages du diallage et de l'hypersthène, qui constitue, comme on sait, la différence essentielle entre ces deux minéraux, trouve son explication dans les rapports de microstructure indiqués. Il se peut aussi qu'on puisse trouver l'explication générale des rapports entre l'amphibole et le pyroxène, comme entre les différentes espèces de feldspaths, justement dans les relations entre la microstructure des cristaux et leur constitution chimique.

D'après tout ce qui précède on comprendra que, s'il n'est pas possible d'affirmer peremptoirement l'hétérogénéité de ceux des microlites foncés du labradorite qui ne se laissent pas reconnaître directement comme hétérogènes, l'analogie défend également de contester cette hétérogénéité ou même de la regarder comme improbable; on comprendra aussi qu'il n'est pas permis, sans autres preuves, de regarder comme composées de fer oxydé magnétique les particules foncées qui font partie des microlites hétérogènes. Je n'ai observé des formes du système régulier, ni parmi ces petites particules, ni parmi les microlites de plus grandes dimensions; mais je n'en ai pas reconnu non plus au fer oxydé magnétique en parties bien déterminables. Nous savons que ce minéral, sous une forme ou sous une autre, existe toujours dans le labrador coloré. Ce qui me paraît le plus vraisemblable, c'est qu'il constitue dans la masse du labrador les particules ponctiformes les plus menues, et que celles-ci contribuent, directement ou indirectement, à la coloration foncée du diallage.

Sous ce rapport, il est encore une autre observation qui n'est pas dénuée d'intérêt. De même que dans le quartz et d'autres

minéraux, on voit quelquefois dans le labradorite, distribuées suivant certains plans, une multitude de gouttelettes liquides avec bulles gazeuses mobiles. La forme des cavités qui renferment ces gouttelettes est régulière, et rappelle ordinairement la forme des cristaux de pyroxène, surtout celle des macles de ce minéral. Et en effet, le plus souvent la cavité est occupée en grande partie par un cristal de diallage, et c'est entre ce cristal et la paroi labradorique que se trouve le liquide. Pour les pores les plus grands, on peut s'assurer du fait de la manière suivante. Quand on chauffe l'échantillon microscopique, la bulle de gaz s'évanouit, et elle ne reparaît que très lentement, de sorte qu'on a tout le temps de retrouver auparavant l'endroit qu'on avait observé. Lorsque la bulle vient alors à se montrer de nouveau, on la voit très distinctement se former entre le labradorite et le diallage, et fréquemment se frayer un passage, autour de ce dernier, de bas en haut. Beaucoup de ces éléments étrangers, du reste limpides comme de l'eau ou d'un vert clair, montrent sur un ou plusieurs de leurs côtés une coloration brunâtre, qui se ramifie parfois à la manière des dendrites. J'ai observé également, au milieu d'une des lamelles diallagiques brunes à configuration régulière, un espace limité irrégulièrement, fortement translucide, et dans lequel une bulle gazeuse se jouait au sein d'un liquide (Pl. IV, fig. 6). Il se peut aussi que les formes dont la fig. 8, pl. IV, donne quelques exemples, et qui se rencontrent très fréquemment, indiquent, par leurs échancrures simplement arrondies, la présence, à une époque antérieure, d'un liquide avec bulle de gaz. Si l'on rapproche ces observations de celles qui ont été communiquées précédemment sur le clivage des grands cristaux de diallage, il devient assez probable que la coloration brunâtre et l'éclat métallique de ce minéral reposent, tout comme sa structure micacée, sur une action secondaire; laquelle pourrait d'ailleurs avoir consisté, soit dans la décomposition du silicate de protoxyde de fer et la formation consécutive de fer oxydé magnétique, soit dans l'oxydation et la diffusion de fer oxydé magnétique ayant existé primitivement dans la masse. Il

est possible que l'une et l'autre action aient pris part au phénomène.

Le résultat de nos recherches, en ce qui concerne l'explication des différentes colorations du labradorite, peut, en résumé, être formulé de la manière suivante: un reflet lumineux bleu, dû à un phénomène de polarisation, est propre à un certain état cristallin du minéral; le jaune d'or provient de la réflexion totale sur des microlites interposés, lesquels consistent en fer oxydé magnétique ou aussi en diallage; le rouge résulte de la coloration rougeâtre de petites lamelles de diallage; l'association de ces agents de coloration étangers et du reflet bleuâtre sur les joints rend compte du chatoiement vert ou violet; la réflexion métallique colorée sur les lamelles diallagiques peut donner lieu en outre à des effets d'aventurine colorée.

L'analyse que j'ai essayé de donner, dans ce qui précède, de la structure microscopique du labradorite provenant de la côte du Labrador, gagne en intérêt par la circonstance que la plupart des faits signalés trouvent des analogies plus ou moins frappantes dans les échantillons de beaucoup d'autres gisements. C'est le labradorite de Hitteroë en Norvége qui paraît offrir le plus de ressemblance; dans les échantillons que je possède de cette localité, et que je dois à l'obligeance de M. le professeur Kjerulf de Christiania, le reflet bleu est, toutefois, le seul qu'on observe. Les particules étrangères sont, la plupart, des aiguilles, qui appartiennent sans aucun doute au diallage, c'est-à-dire au second élément essentiel de la roche, laquelle est une variété de gabbro. Quelquefois on voit aussi des formes tabulaires, et surtout des lamelles dentelées et déchiquetées tout à fait semblables à celles du labradorite de la côte du Labrador; néanmoins, les lamelles ne sont que rarement translucides. Les matières interposées noires et granuleuses ont des dimensions moins réduites et parfois des contours imparfaitement réguliers. L'orthose labradorisant de Frederiksvarn ne montre que très peu de ces corpuscules foncés disséminés dans sa masse, et pourtant il possède sur les faces de clivage du prisme le même beau reflet bleu: nouvelle preuve

que ce reflet n'est pas lié à la présence des microlites noirs. M. G. Rose a attiré dernièrement l'attention sur l'existence d'éléments aciculaires dans le labradorite du gabbro de Neurode en Silésie; on en trouve de semblables dans le gabbro du Radauthal au Hartz, dans celui de Rosswein en Saxe, et dans d'autres roches de la même espèce. Souvent, dans ce cas, on remarque que les éléments pyroxéniques sont divisés comme en cellules par le labradorite, et parfois cette disposition est si prononcée que la détermination de ces éléments en devient difficile ou même impossible. Reste à décider si des observations de ce genre permettent de conclure, en général, la préexistence des minéraux en question; la disposition des microlites dans le labradorite ne semble guère de nature à appuyer l'opinion que leur substance puisse être de formation postérieure.

Il arrive aussi assez fréquemment que des microlites verts déliés sont déposés en petits filons dans des fissures; ou que, intimement associés avec de fines aiguilles blanches et des granules foncés, ils forment de petits amas irréguliers. Une pareille association, dans laquelle ne se manifeste aucune influence prépondérante de la force de cristallisation d'un des minéraux sur le groupement de l'autre, n'est probablement pas autre chose que la reproduction en petit de ce qui constitue la masse de la roche en grand; bien entendu, qu'une différence pourra d'ailleurs s'accuser dans l'un ou l'autre sens et notamment dans la nature des éléments feldspathiques. Lorsque, dans de semblables associations, le caractère hétérogène et la situation relative des microlites ne se décèlent pas par les différences de coloration, on les constate toujours avec certitude par l'observation entre les nicols croisés. Il est d'ailleurs évident, d'après tout ce qui a été dit, que ces mélanges de microlites, en dépit où à cause de l'identité ou de l'analogie que leur composition offre avec celle de la masse totale, peuvent différer considérablement de chacun des éléments bien discernables de cette masse, soit dans leurs caractères physiques, — formes, dureté, clivages, — soit même dans leur manière de se comporter à l'égard des agents dissolvants.

LA DESCENTE DES TESTICULES

PAR LE

Dr. J. G. VAN DER LITH.

Avec Planche.

La descente des testicules est un sujet sur lequel, depuis plus d'un siècle, beaucoup d'opinions ont été émises et de nombreuses recherches exécutées sans que le dernier mot ait encore été prononcé. Un examen superficiel suffit déjà à montrer que les avis et les résultats avancés sont trop divergents pour pouvoir être conformes à la vérité. Quelques recherches auxquelles je me suis livré moi-même sur le phénomène de la descente des testicules m'ont donné la conviction que les travaux et les vues classiques de celui qui, il y a plus d'un siècle, aborda le premier la question, de Hunter, sont presque entièrement en harmonie avec les faits. Mais ces travaux paraissent être tombés, en grande partie, dans l'oubli, tandis que des observations et des hypothèses plus modernes sont venues supplanter celles de Hunter. C'est ainsi que M. E. H. Weber a fait connaître, il y a vingt ans, les résultats de quelques recherches, qui, de même que son essai d'explication du phénomène, peuvent être appelés nouveaux à beaucoup d'égards. Un autre travail exécuté dans ces derniers temps par M. Cleland, et auquel M. Kölliker a surtout contribué à donner de la notoriété, s'éloigne considérablement de la théorie de Weber; et enfin une dernière hypothèse, défendue par M. Curling et appuyée sur des observations prolongées, ne s'accorde ni avec l'hypothèse de M. Weber ni avec celle de

M. Cleland. Quant à Hunter, son nom n'est rappelé que par le gubernaculum Hunteri, tandis que ses vues ne sont pas mentionnées, mais aussi, il est vrai, pas réfutées.

Je me propose d'exposer ici, en abrégé, les résultats auxquels m'ont conduit quelques recherches entreprises sous la direction de M. le professeur Koster, et qui se trouvent décrites plus au long dans ma Dissertation inaugurale [1]). Soumettre à un examen critique les hypothèses les plus importantes, ramener l'attention sur les idées de Hunter, enfin, faire une étude nouvelle de l'origine du gubernaculum, tels sont les objets principaux que j'ai eus en vue dans ce travail. Personne, toutefois, n'est plus convaincu que moi, que des recherches ultérieures approfondies, surtout par rapport à la première apparition du gubernaculum, sont encore nécessaires pour arriver à une solution complète; mais il faudrait pour cela une longue série d'observations embryogéniques, qui, vu qu'elles concernent des animaux vivipares, demanderaient un travail de plusieurs années.

Nous ne considérerons ici, après avoir exposé la théorie de Hunter, que les trois hypothèses principales soutenues aujourd'hui, celles de Weber, Cleland-Kölliker et Curling. Pour plus de concision, nous supposerons connus ou démontrés beaucoup de points qui sont traités plus en détail dans la dissertation citée plus haut.

Avant de passer à la discussion des hypothèses, nous croyons devoir examiner d'un peu plus près quelques organes moins connus et surtout le gubernaculum; nous terminerons en exposant la marche du phénomène telle qu'elle nous paraît le plus vraisemblable à nous-même.

A. Observations anatomiques comparées; développement du gubernaculum, du scrotum, etc.

La glande génitale mâle, appelée testicule, naît dans la cavité abdominale, tandis que chez le nouveau-né et chez l'adulte elle est contenue dans un organe en forme de poche; c'est à ce chan-

[1]) *Bijdragen tot de kennis van de ziekelijke ontwikkeling der organa uro-genitalia et den normalen descensus testiculorum*, 1867.

gement de situation de la glande qu'on applique le nom de descente du testicule.

Le nom n'est pas exact: dans la plupart des cas en effet, au lieu de descendre, le testicule s'élève, puisque le fœtus est ordinairement situé la tête en bas. D'autres expressions usitées, telles que „migration'', „locomotion'', „passage of the testicle into the scrotum'', sont tout aussi peu exactes, parce qu'elles impliquent un caractère d'activité qui fait habituellement défaut au phénomène. Nous préférerions, pour ce motif, le terme „changement de situation''; mais le mot „descente'' ayant açquis par l'usage droit d'existence, nous le conserverons.

Les parties qui jouent un rôle dans la descente du testicule sont: le testicule lui-même, avec l'épididyme et le canal déférent, le gubernaculum de Hunter, le canal inguinal et le scrotum. Un de ces organes, le gubernaculum, ne s'observe plus chez le fœtus après que le testicule a opéré sa descente. Il a été décrit pour la première fois par Hunter, et presque tous les auteurs postérieurs l'ont regardé comme étant en connexion avec la descente. Ce que nous en savons, du reste, se réduit à peu de chose, et cela est très regrettable, car une connaissance exacte de son développement nous ferait faire un pas important. Nous allons dire ce que notre observation personnelle nous a appris à ce sujet; dans ce qui va suivre nous supposerons connue l'histoire embryogénique des organes génitaux, pour laquelle nous renvoyons à l'*Entwicklungsgeschichte* de M. Kölliker; outre le gubernaculum, le scrotum sera le seul organe dont nous nous occuperons plus spécialement.

Rappelons d'abord quelles sont les différentes couches qu'on rencontre dans la section du scrotum et du testicule, et quelle est l'origine de chacune de ces couches:

1°. L'*épiderme*.

2°. Le *derme*.

3°. Le *tissu connectif sous-cutané;* cette couche est composée presque entièrement de fibres musculaires non striées (tunique dartos); à la face profonde se trouve une couche mince de tissu connectif.

4°. Une *membrane fibreuse* très mince (fascia Cooperi).

5°. Une couche de *faisceaux musculaires striés transversalement* (muscle crémaster).

6°. Une *membrane fibreuse* bien apparente (tunique vaginale commune).

7°. Une *membrane séreuse* (tunique vaginale propre pariétale).

8°. Une *membrane séreuse* (tunique vaginale propre viscérale).

9°. L'albuginée et le testicule lui-même.

Les tuniques vaginales propres viscérale et pariétale sont une partie du péritoine; elles sont séparées par une cavité qui correspond exactement à celle qui existe entre la plèvre costale et la plèvre viscérale, entre le péritoine pariétal et le péritoine viscéral, etc. Chez le fœtus âgé de 7 mois, elle communique encore avec la cavité abdominale au moyen d'un prolongement étroit et tubuleux du péritoine. Chez le nouveau-né cet appendice est, en général, complétement oblitéré, de sorte qu'il n'y a plus de communication entre les deux cavités. La tunique vaginale commune est un prolongement du fascia transversalis abdominis qui entoure non-seulement le péritoine, mais aussi son appendice tubuleux. Le muscle crémaster est un prolongement du muscle oblique interne (et transverse?). Le fascia Cooperi n'est ordinairement visible chez l'adulte, d'une manière distincte, qu'en cas d'hernie; c'est un prolongement de l'aponévrose du muscle oblique externe.

Chez le fœtus âgé de 7 mois, le testicule, entouré des couches indiquées jusqu'à présent, flotte dans les couches suivantes; chez le fœtus de 5 mois ces dernières sont les seules qu'on rencontre, le testicule et ses enveloppes propres se trouvant encore dans la cavité abdominale, tandis que dans le scrotum leur place est occupée par un fort développement de tissu connectif, qui, plus tard, s'atrophie et se réduit à une couche mince. Chez l'adulte on trouve des bandelettes de tissu connectif tendues entre le fascia Cooperi et le tissu connectif de la couche qui vient maintenant.

Le tissu connectif sous-cutané est une continuation de celui de la peau de l'hypogastre; il se distingue en ce que le tissu musculaire y prédomine beaucoup, tandis que le tissu connectif propre-

ment dit n'y joue qu'un rôle très secondaire. Le derme et l'épiderme sont également la continuation de la peau du bas-ventre.

Morphologiquement, le scrotum n'est donc pas autre chose qu'un appendice des téguments de l'hypogastre; sa cavité, rien qu'un appendice de la cavité abdominale.

Voyons maintenant jusqu'à quel point il en est de même chez les autres animaux du même type, chez les Vertébrés. Cette question, toutefois, est moins facile à élucider qu'elle ne le paraît au premier abord; dans les ouvrages que j'ai pu consulter j'ai rencontré bien des opinions contradictoires, entre lesquelles il était ordinairement difficile de faire un choix; grâce à quelques recherches personnelles, je crois pourtant être parvenu à obtenir, sur différents points, des notions plus exactes.

Plusieurs espèces de *Quadrumanes* (un grand nombre ?), le *Chien*, le *Chat*, le *Cheval*, le *Taureau*, etc. se rapprochent, sous ce rapport, de l'*Homme*, c'est-à-dire qu'ils ont les testicules logés dans un scrotum, avec cette différence que le prolongement tubuleux, le processus vaginal, reste ouvert pendant toute la vie. Dans cette dernière particularité on a cru voir une différence entre l'homme et les animaux, mais bien à tort, puisque chez le *Chimpanzé* (Owen), le *Meckou* (Camper), un autre singe (*Cebus Apella*) (Hunter) et même chez l'*Opossum* (Hunter) le processus vaginal est complétement fermé, tout comme chez le *Homo sapiens*. Beaucoup d'espèces de Quadrumanes, aussi bien de *Simiens* que de *Prosimiens*, n'ont pas de scrotum; les testicules sont encore situés dans la cavité abdominale ou, en dehors, près de l'anneau inguinal externe. Chez la *Loutre*, la *Civette*, le *Phoque*, le scrotum manque également, mais les testicules sont placés près du pénis sous la peau du périnée, ou bien dans le canal inguinal; le *Chameau*, le *Dromadaire* et le *Lama* ne posséderaient pas non plus de scrotum, dit-on, bien que, chez le premier, M. Emmert ait trouvé cet organe. Le *Cochon* porte les testicules sous la peau du périnée: de même qu'à tout l'ordre, à l'exception du *Tapir*, le scrotum lui fait défaut.

Ces Mammifères ont donc les testicules en dehors de la cavité abdominale et, ou bien contenus dans un scrotum, ou, lorsque

celui-ci manque, situés sous l'enveloppe cutanée générale ou dans le canal inguinal. Pour un seul Singe, j'ai trouvé dans les auteurs l'indication d'un testicule renfermé dans la cavité de l'abdomen; mais il y a beaucoup d'autres Mammifères qui présentent cette disposition. On cite comme tels: les *Monotrèmes*, les *Édentés*, les *Cétacés*, les *Siréniens*, le *Rhinocéros*, l'*Éléphant*, le *Daman* et les *Pinnipèdes*. J'ai des doutes pour ce qui concerne ces derniers; et quant aux Édentés, il y a certainement différentes espèces dont le testicule est extérieur à la cavité abdominale. Chez les espèces dont le testicule ne quitte pas cette cavité, il n'existe pas de scrotum. Les trois autres classes d'animaux vertébrés s'accordent avec les Mammifères considérés en dernier lieu, puisque dans tous il y a inclusion du testicule dans la cavité abdominale et absence de scrotum.

Les Mammifères dont nous avons parlé jusqu'à présent se distinguent, en ce qui touche les organes sexuels, de ceux dont nous allons maintenant nous occuper, par un caractère général, savoir, que les testicules ne changent pas de place pendant la durée de la vie sexuelle. Chez les *Rongeurs*, les *Insectivores*, les *Cheiroptères* (et les *Marsupiaux?* [1]), au contraire, les testicules se déplacent, phénomène qui est analogue à ce qui se passe chez les Mammifères précédents pendant la vie fœtale (sauf, bien entendu, chez ceux dont les testicules restent en permanence dans la cavité abdominale): en d'autres mots, la descente des testicules a lieu plusieurs fois chez ces animaux. A l'époque du rut [2]) les testicules apparaissent

[1]) Pour autant qu'il m'a été donné d'examiner — dans des occasions trop rares, il est vrai, — les organes sexuels des Marsupiaux, et d'après ce que j'ai pu découvrir à ce sujet dans les livres, je regarde comme très invraisemblable que ce phénomène s'observe chez ces Mammifères, bien que M. Gegenbaur le rapporte; dans l'*Opossum* il serait évidemment impossible. Je serais plutôt tenté de placer les *Marsupiaux* près du *Chat* et des autres Mammifères cités plus haut.

[2]) En ce qui concerne le *Lapin*, les opinions sont encore partagées sur la question de savoir si, pendant le rut, les testicules rentrent ou sortent; l'opinion énoncée dans le texte me semble la plus probable, pourvu qu'on tienne compte de ce que les testicules se montrent déjà à l'extérieur, chez cet animal, à un âge très peu avancé. Voyez ma *Dissertation*. p. 73.

au dehors, pour retourner dans l'abdomen quand cette période est passée. Pendant la période du rut ils sont situés dans une espèce de scrotum ou sous la peau du périnée; chez le Lapin âgé de quelques semaines ils occupent la région inguinale.

Je viens de me servir de l'expression „espèce de scrotum"; voici pour quels motifs. Le scrotum de l'Homme est un prolongement des téguments de la cavité abdominale, et sous ce rapport il est semblable à celui du Lapin, de sorte que, morphologiquement, on est en droit, dans les deux cas, de parler d'un vrai scrotum. Mais, génétiquement, ces deux scrotums n'ont aucune analogie, ce qui, pour autant que je sache, à été signalé en premier lieu par M. Gegenbaur [1]). Ce savant distingue un scrotum qui n'est qu'une expansion des téguments du corps près de l'anneau externe du canal inguinal, et un scrotum formé par le développement ultérieur des plis sexuels qui existent dans l'embryon.

Chez les *Marsupiaux* ce serait, d'après M. Gegenbaur, le premier cas qu'on observerait. Le scrotum de ces animaux se trouve *au-devant* du pénis, près de l'anneau externe, tout à fait séparé du pénis, lequel est situé immédiatement devant l'anus. Ce n'est là, toutefois, qu'une différence accidentelle, et qui dépend de ce que le pénis, ou bien croît en avant et s'attache sous la symphyse du pubis, comme chez l'*Homme*, le *Chien*, le *Taureau;* ou bien, conservant sa direction primitive, continue à croître en arrière, ce qui a lieu chez les *Rongeurs* et les *Marsupiaux* [2]): dans tous ces animaux, d'ailleurs, le pli sexuel est placé originairement *devant* le pénis. Le seul point qu'il importe de décider est celui-ci: y a-t-il un pli sexuel chez les *Marsupiaux?* En cas d'affirmative, ils appartiennent à la seconde des deux catégories de M. Gegenbaur. J'ai pu examiner, grâce à la bienveillance de M. le professeur Koster, deux embryons de *Didelphys* (longueur depuis l'occiput jusqu'à la racine de la queue 10″, depuis l'occiput jusqu'à la pointe du nez 4‴) et un fœtus de *Halmaturus Benetti* (longueur 4″—1‴). Cet examen m'a démontré l'existence des plis sexuels:

[1]) *Grundzüge der vergleichenden Anatomie*, p. 597.

[2]) G. Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*, 2me édition, VIII, p. 198.

sur l'embryon mâle, dont les testicules se trouvaient dans la cavité abdominale, on voyait déjà une éminence longue de $\frac{1}{4}'''$, large de $\frac{1}{2}'''$, faisant saillie au dehors d'environ $\frac{1}{4}'''$, et en partie entourée par la peau; l'embryon femelle ne montrait aucune trace d'une pareille éminence [1]). Ceci prouve suffisamment l'inexactitude de l'opinion de M. Carus, d'après laquelle cette éminence serait une espèce d'ombilic, car, s'il en était ainsi, on devrait la retrouver sur l'embryon femelle. Chez l'autre fœtus les testicules étaient déjà renfermés dans un scrotum long de $4\frac{1}{4}'''$, et dont la formation pouvait difficilement être attribuée aux testicules eux-mêmes. M. Owen ne s'explique pas sur le sujet qui nous occupe; mais on voit qu'il admet la descente du testicule dans un scrotum, ce qui implique nécessairement la préexistence de ce dernier.

Je ne suis donc pas d'accord sur ce point avec M. Gegenbaur, tout en reconnaissant la justesse de la division. Chez les *Rongeurs* on ne rencontre que rarement un scrotum; là où il existe (*Lapin*, *Lièvre*) il doit naissance au testicule, car chez les nouveau-nés on n'en aperçoit aucune trace. Ceci prouve que le scrotum du *Lapin* et le soulèvement de la peau, sous lequel gisent les testicules chez le reste des *Rongeurs* et chez beaucoup d'autres Mammifères, ne diffèrent qu'en degré, tandis qu'il y a au contraire une différence essentielle entre ces deux variétés et le scrotum de l'Homme, du Cheval, etc., puisque ce dernier existe déjà dans l'embryon et se forme sans le secours du testicule.

Ce qui précède nous apprend que le scrotum n'est pas nécessaire pour la descente du testicule, mais que celui-ci, en l'absence d'un vrai scrotum, s'arrête, soit plus tôt (près de l'anneau externe), soit plus tard (périnée), et forme alors dans quelques cas (entre autres chez le Lapin) un faux scrotum en repoussant la peau; accidentellement, l'Homme se rapproche des animaux en question, lorsque son testicule, ainsi qu'il arrive parfois, se fixe dans la région périnéenne.

Chez le Cochon les testicules ne sont pas logés dans un scrotum;

---

[1]) Fig. 5.

M. Rathke [1]) a montré que des plis sexuels existent néanmoins chez l'embryon, et j'ai trouvé que la même chose a lieu chez le Lapin. Des embryons longs de 6‴ ne m'ont offert qu'une éminence sexuelle conique, mais sur ceux de 10 et 11‴ l'existence des plis était manifeste. Plus tard ces plis disparaissent, tout comme chez le Cochon, de sorte qu'il n'en reste plus trace lorsque le fœtus est presque arrivé à terme. Les plis sexuels, de même que l'éminence sexuelle, consistent en tissu connectif embryonnaire (matière muqueuse Rathke); ce sont des excroissances du tissu connectif formant la paroi abdominale, lesquelles soulèvent le derme et l'épiderme; des restes de ce tissu forment la couche mince de tissu connectif qu'on trouve chez l'adulte.

Passons maintenant à un autre organe, le gubernaculum. Dans un embryon qui possède le corps de Wolff et la glande sexuelle, on trouve différents replis du péritoine, lequel consiste encore en une couche de cellules. Dans un embryon de Lapin, long de 10‴, on peut distinguer avec M. Kölliker [2]): le mésentère du corps de Wolff, qui se termine supérieurement au diaphragme, formant ainsi un repli diaphragmatique; le mésentère de la glande sexuelle (mésorchium, mésovarium), qui, supérieurement, après s'être réuni d'abord avec celui du corps de Wolff, aboutit au diaphragme, donnant de nouveau naissance à un repli diaphragmatique, tandis que, inférieurement, il s'étend jusqu'au conduit de Wolff, et y forme un repli très distinct, qui se fixe sur ce conduit, précisément au-dessus du point où ce qu'on appelle le gubernaculum de Hunter s'y insère également. Enfin M. Kölliker distingue encore le repli inguinal du conduit de Wolff, qui deviendra plus tard le gubernaculum de Hunter, mais que les considérations suivantes m'empêchent de regarder comme un repli péritonéal distinct. Ce n'est que lorsque les intestins existent déjà, que le péritoine prend naissance, comme une „différenciation" des couches celluleuses internes des lames latérales fendues [3]). Il résulte de là, qu'un

[1]) *Abhandlungen zur Bildungs- und Entwickelungsgeschichte*, I, p. 67.

[2]) *Entwicklungsgeschichte*, p. 438.

[3]) Voy. Kölliker, *O. c.*, p. 365.

repli péritonéal ne se forme jamais que lorsqu'il s'est développé, préalablement, un organe entouré par les couches profondes des lames latérales fendues; à moins qu'il ne prenne naissance comme dans le cas, mentionné plus haut, du repli diaphragmatique du corps de Wolff, où le mésentère de cette glande, laquelle s'étendait primitivement jusqu'au diaphragme, continue à s'étendre jusqu'en ce point après que la glande, par suite de son arrêt de croissance, a cessé d'y atteindre. Ce cas, toutefois, ne s'applique pas au repli qui se dirige vers le canal inguinal. Celui-ci existe déjà de très bonne heure, lorsque le corps de Wolff n'est pas encore rapetissé, et il diffère aussi du repli diaphragmatique par l'épaisseur, qui est moindre pour ce dernier. Il est très difficile, d'un autre côté, de dire quel est l'organe autour duquel le péritoine a pu se développer, parce qu'on ne sait que très peu de chose sur la première apparition du repli inguinal. M. Rathke a vu le repli inguinal, en d'autres termes le gubernaculum de Hunter, attaché au corps de Wolff chez de très jeunes embryons de *Cochon* [1]). Il le décrit ainsi: „à l'époque où la glande sexuelle se forme, ou un peu plus tard, un repli péritonéal prend naissance à chaque côté de l'embryon; ce repli s'insère par un de ses bouts au bord externe du corps de Wolff, à peu de distance de l'extrémité de ce corps, tandis que l'autre bout atteint les premiers linéaments de l'arcade pubienne et touche presque au côté externe de l'artère ombilicale. Bientôt ce repli se fixe sur le conduit de Wolff, et en dedans de sa partie supérieure se forme un tissu fibreux, pendant qu'à l'intérieur de la partie inférieure s'accumule de la matière muqueuse; entre ces deux parties il y a toutefois un passage insensible.” Jean Müller regardait le gubernaculum comme un repli péritonéal s'attachant au corps de Wolff et au conduit qui s'étend à la surface de ce corps; le repli renfermerait à l'intérieur un faisceau fibreux [2]). M. Jacobson ne vit dans le gubernaculum qu'un repli du péri-

[1]) *Beiträge zur Geschichte der Thierwelt*, IV, p. 76. — *Abhandlungen zur Bildungs- und Entwickelungsgeschichte*, I, p. 69.

[2]) *Bildungsgeschichte der Genitalien*, p. 59.

toine [1]). Il en est de même de M. Valentin [2]); comme ce dernier savant, toutefois, fait naître la glande sexuelle d'un repli péritonéal, il s'ensuit qu'il donne au mot *péritoine* une autre signification qu'il ne possède chez l'adulte; on peut trouver dans ce repli inguinal, „le repli extérieur'', l'origine de quelque nouvel organe, tout aussi bien que dans l'autre, „le repli des organes sexuels producteurs des germes.'' M. Bischoff trouva que le gubernaculum existait déjà alors que le corps de Wolff était encore en pleine croissance et que les testicules n'avaient encore pris que peu de développement [3]); il le décrit comme un repli péritonéal renfermant entre ses feuillets un peu de matière blastématique, et il déclare que la nature de cet organe n'est pas connue; dans ses recherches postérieures, l'auteur n'en a pas poussé l'étude plus loin. M. Kölliker, ainsi que nous l'avons déjà mentionné, considère cet organe comme un repli du péritoine; mais plus loin il dit qu'au troisième mois le gubernaculum est un cordon fibreux qui possède un repli péritonéal [4]). Comme le péritoine ordinaire ne forme jamais de cordon fibreux, ceci prouve de nouveau la présence de quelque autre organe, qui n'était pas encore formé au moment où l'embryon femelle du Bœuf n'atteignait que 18'' de longueur, mais pour lequel, dès lors, les conditions nécessaires (les cellules) ont dû exister.

Pour autant que j'ai pu m'en assurer, ce qui précède résume tout ce qui est connu d'essentiel au sujet du gubernaculum, organe auquel on paraît avoir prêté, en général, une attention médiocre [5]).

---

[1]) *Die Okensche Körper oder die Primordialnieren*, 1830, p. 11, cité par Valentin *Entwickelungsgeschichte*, p. 370.

[2]) *Entwickelungsgeschichte*, p. 387.

[3]) *Entwickelungsgeschichte der Säugethiere und des Menschen*, p. 358.

[4]) *O. c.*, p. 454.

[5]) Comme preuve à l'appui de cette assertion, on peut citer, par exemple, la circonstance que M. Kölliker figure le gubernaculum chez un embryon de *Bœuf*, long de 18''' (*O. c.*, p. 438, fig. 215, 1), tandis que J. Müller ne le représente pas chez un embryon de *Mouton* de même dimension (*O. c.*, Pl. III, fig. 3, 4). Cette dernière figure pourrait facilement induire à croire que l'organe n'existait pas chez un embryon de si grande taille, et pourtant ce serait tout à fait à tort.

M. Bischoff, comme j'en ai déjà fait la remarque, ne s'en est pas occupé d'une manière particulière dans ses recherches spéciales; M. Coste, qui pourtant avait une occasion si favorable de l'étudier dans le cours de ses recherches sur le corps de Wolff, l'a négligé également. Chez l'Homme on ne sait rien de sa formation première; il n'en est pas fait mention chez l'embryon âgé de 35 jours qui a été décrit par M. Coste, mais on le reconnaît distinctement sur l'embryon de 8 semaines figuré par M. Kölliker [1]).

En examinant des embryons de Lapin qui n'avaient qu'environ 6‴ de long, j'ai déjà rencontré le gubernaculum de Hunter. Le corps de Wolff s'étendait jusqu'au diaphragme, mais sa partie supérieure était plus mince que le reste, qui était recouvert par la glande sexuelle. Cette glande, de forme linéaire, avait $\frac{16}{20}$‴ de long. Les conduits de Wolff et de Müller étaient séparés par un tissu d'une autre couleur que le corps de Wolff; ils étaient contournés en demi-spirale au côté postérieur du corps de Wolff. La couche de cellules qui tapisse la cavité abdominale et les viscères, — et qui deviendra plus tard le péritoine, — ne recouvrait pas encore le corps de Wolff en entier. La partie voisine de la queue et les deux conduits après qu'ils ont quitté le corps de Wolff, — pour se réunir en un tronc commun, le cordon génital, — étaient à découvert. Le point où le péritoine — comme nous appellerons la couche cellulaire — se détache en dessous du corps de Wolff et se réfléchit sur la paroi abdominale, est situé près de l'artère ombilicale, tandis que les deux conduits s'étendent au côté interne de cette artère [2]). Lorsqu'on essaie d'enlever le péritoine, on y réussit partout, sauf précisément au côté externe de l'artère ombilicale, où la paroi abdominale se soulève en même temps. Le tout ressemble alors à un sablier, dont les deux moitiés seraient représentées par le péritoine et par la paroi abdominale, qui ont pris l'un et l'autre une forme en entonnoir. La longueur totale de ce sablier est d'environ $\frac{1}{5}$‴. Cette particularité prouve qu'en ce point

[1]) *O. c.*, fig. 213.
[2]) V. fig. 4 de la planche.

le péritoine est uni à la cavité abdominale beaucoup plus solidement que partout ailleurs; cela ne peut avoir lieu qu'au moyen de cellules, qui doivent différer, en tout cas, des cellules voisines, et qui peuvent, par conséquent, être le rudiment d'un organe déterminé. Or, comme nous rencontrons dans les embryons de 10''' un organe plus développé, mais situé du reste à la même place où se trouvait l'adhérence en question, et comme cet organe est manifestement le gubernaculum de Hunter, nous sommes en droit de regarder ce que nous a offert l'embryon de 6''' comme le premier germe du gubernaculum.

Dans les embryons de 10''' que j'ai examinés le gubernaculum se fixait au conduit de Wolff; dans les embryons de 6''' cette liaison n'existait pas.

Les embryons de 10''' montrèrent distinctement qu'à cet âge (au moins 15 jours) le gubernaculum n'est pas un repli péritonéal, comme M. Kölliker [1]) l'admet pour un embryon long de 18''' et probablement plus âgé [2]). Une traction exercée sur le gubernaculum donna lieu au dérangement indiqué en *l l* et *l'l* de la fig. 3; si c'eût été un repli du péritoine, il se serait déchiré au milieu, mais le conduit de Wolff n'aurait pu se fendre longitudinalement, de manière à produire les apparences qu'on voit dans la figure. Le gubernaculum prenait naissance, par un faisceau conique, dans les muscles de l'abdomen, puis se dirigeait sous forme de cordon vers le conduit de Wolff, où il se terminait en cône renversé. Je noterai encore que, dans la plupart des embryons, la traction eut pour résultat une rupture du gubernaculum entre les deux extrémités coniques. Dans ces embryons plus âgés, il existait déjà, manifestement, un repli péritonéal du gubernaculum, se comportant comme un mésentère (mésorchiagogos).

J'ai déjà dit que la production spontanée d'un repli du péritoine me paraît inadmissible: il faut, ou bien que la partie enveloppée

---

[1]) *O. c.*, fig. 215, i.

[2]) Cette conjecture ne repose pas sur la longueur, mais sur les relations du corps de Wolff, des glandes génitales et des reins, comparées à celles que présente notre popre figure.

se soit arrêtée dans sa croissance, le péritoine conservant alors un repli vers le côté où cette partie se trouvait autrefois, ou bien que le péritoine se développe autour de quelque autre organe. Chez un embryon long de 6''', la cause ne peut évidemment être cherchée dans l'atrophie du corps de Wolff; au contraire, plus tard le péritoine s'étend encore davantage vers l'extrémité caudale, sur tout le corps de Wolff, sur le gubernaculum et sur une partie des conduits.

D'après M. His, le conduit de Wolff provient de la lame cornée; suivant les auteurs antérieurs il prend naissance aux dépens du feuillet intermédiaire; mais dans cette hypothèse encore, le conduit — de même que le corps de Wolff — se trouve sous la lame cornée dans la première phase du développement. Plus tard, le corps de Wolff avec son conduit se rapproche plus du feuillet entéradénique [1]), où il est entouré par les plaques médianes [2]).

Revenons-en maintenant à l'embryon long de 6''', où nous avons constaté que le péritoine ne recouvre pas entièrement le corps de Wolff et n'est uni solidement avec les téguments abdominaux qu'en un seul point, qui correspond à l'emplacement qu'occupera plus tard le gubernaculum de Hunter; une petite partie du corps de Wolff et le cordon génital ne sont séparés de la paroi abdominale par aucune espèce d'enveloppe. Le pénis est une excroissance de la paroi du corps; tout près, se trouvent deux autres excroissances, les extrémités postérieures. Nous avons dit, plus haut, que l'embryon du Lapin présente des plis sexuels; or, il paraît que ces plis existent chez tous les animaux, étudiés jusqu'à présent, qui possèdent un gubernaculum. On ne sait malheureusement que fort peu de chose touchant le développement des plis sexuels et du gubernaculum chez la plupart des Mammifères. Les points suivants peuvent néanmoins être regardés comme à peu près démontrès. Dans les trois classes inférieures des *Vertébrés* les testicules sont situés à l'intérieur de la cavité de l'abdomen et il n'y a pas de guber-

---

[1]) Kölliker, *O., c.* p. 100 ss.

[2]) *Ibidem*, p. 55.

naculum. Chez beaucoup de *Reptiles* et chez les *Oiseaux* on voit une petite éminence sexuelle (ou 2 éminences), mais on n'a encore jamais constaté l'existence de plis sexuels ou d'un scrotum. Il en est de même pour les genres *Ornithorhynchus* et *Echidna;* je n'ai pu découvrir de plis sexuels sur un fœtus de *Myrmecophaga;* il n'existe pas de gubernaculum chez cet animal. On ne sait rien au sujet des *Manis*, *Dasypus*, *Bradypus*, ni au sujet de la plupart des autres Mammifères. Nous avons vu que chez le *Lapin*, à l'état embryonnaire, des plis sexuels se montrent pendant une courte durée; la même chose a lieu, suivant M. Rathke, chez le *Cochon*, tandis que chez le *Mouton*, le *Bœuf*, le *Cheval* et *l'Homme* ces plis persistent, comme on sait. Dans le genre *Didelphys* nous avons aussi rencontré un vrai scrotum. Or, chez tous ces animaux qui possèdent un scrotum véritable, qu'il soit rudimentaire ou complétement développé, on trouve un gubernaculum. Les plis sexuels sont une excroissance de la paroi abdominale, tout comme le pénis et les extrémités. En nous appuyant sur ces faits, nous croyons pouvoir admettre: *que le gubernaculum est une excroissance d'une partie de la paroi abdominale, qui à l'extérieur donne naissance à l'organe sexuel et aux plis sexuels et à l'intérieur forme l'organe en question.* Ce n'est là qu'une hypothèse; mais cette hypothèse rend compte des faits connus jusqu'ici et ne paraît être en opposition avec aucune autre mieux établie. Elle confirme ce qui a été dit autrefois par Burdach: que le gubernaculum est l'expression de la connexion entre le testicule et le scrotum; lorsque ce dernier manque, le gubernaculum fait également défaut [1]).

La paroi abdominale se compose à l'origine de la lame cornée et de la lame cutanée; la lame musculaire, les nerfs et les arcs vertébraux ne se développent que plus tard en dedans de la lame cutanée. Finalement, on trouve la paroi abdominale constituée de cette manière: à l'extérieur, la lame cornée; ensuite une couche épaisse de la lame cutanée (devenant plus tard le derme et le tissu connectif sous-cutané), la lame musculaire, les rudiments des nerfs (n. intercostaux) et des productions osseuses (côtes), et enfin

[1]) *Die Physiologie als Erfahrungswissenschaft*, II, p. 588.

une couche interne, mince, le rudiment du péritoine [1]). L'organe sexuel et les plis sexuels sont une excroissance, tournée vers l'extérieur, du tissu qui formera plus tard le tissu connectif sous-cutané. Une excroissance analogue, se dirigeant vers la cavité abdominale, donnera naissance à un organe différent de celui qui résulte d'une excroissance externe: dans ce dernier cas, la lame cornée et le derme sont repoussés, tandis que dans le premier cas c'est la lame musculaire, les nerfs et la couche osseuse, c'est-à-dire la paroi abdominale sauf la peau, qui seront entraînés. Quant à la dernière de ces couches toutefois, nous ne pourrons pas la rencontrer, puisque, comme on sait, il n'existe pas de côtes dans la région abdominale chez les Mammifères, si ce n'est à l'état de rudiments tendineux. Quand on procède de dehors en dedans à l'examen du gubernaculum, on trouve les couches suivantes: le péritoine, une aponévrose, la couche musculaire, une aponévrose très mince et la couche interne composée de tissu connectif; cette dernière se continue directement avec le tissu connectif sous-cutané, c'est-à-dire avec la partie de la lame cutanée qui est située sous la lame cornée et qui conserve plus longtemps que toutes les autres couches l'état embryonnaire. Le gubernaculum est donc de tout point analogue à la paroi abdominale, puisque celle-ci est constituée par les mêmes couches: péritoine, fascia transversa, muscles transverse et oblique interne, et muscle oblique externe qui n'est, en partie, qu'une aponévrose. Chez l'embryon de Lapin long de 6''' nous avons vu le gubernaculum en voie de naissance; il paraît se former déjà avant que la partie du corps de Wolff à laquelle l'expansion vient s'unir soit recouverte de péritoine et s'élève dans la cavité péritonéale; il en résulte que le gubernaculum, ainsi que cette partie du corps de Wolff, reçoit plus tard un mésentère, de sorte que le péritoine n'est pas soulevé en capuchon comme on devrait l'observer si les relations avaient été inverses [2]).

---

[1]) Kölliker, *O. c.*, p. 64.

[2]) Les muscles ne montrent aucun indice de stries transversales avant le quatrième mois, ce qui ne doit pas être perdu de vue si l'on veut juger des faits avec exactitude (V. Kölliker, *Handbuch der Gewebelehre*, 4e éd., p. 211).

B. Examen des hypothèses de Hunter, Weber, Cleland-Kölliker et Curling.

Hypothèse de Hunter. Chez le fœtus, le testicule est renfermé dans la cavité abdominale; il est enveloppé par le péritoine, comme l'intestin par le mésentère, et fixé au muscle psoas. Un ligament s'étend du point de jonction entre l'épididyme et le canal déférent jusqu'au scrotum, dans la peau duquel il se perd; c'est ce que Hunter appelait ligamentum ou gubernaculum testis [1]). Le tissu qui formait ce ligament était difficile à déterminer; il se composait de vaisseaux et de fibres; ces dernières avaient une direction longitudinale, et le ligament était entouré par le péritoine. La planche XXV, fig. 1, de Hunter montre clairement que, d'après lui, le gubernaculum ne s'étend pas jusqu'au fond du scrotum mais se termine à la racine du pénis [2]).

Chez les animaux dont les testiculus changent de place, la situation du muscle crémaster — que Hunter nommait musculus testis — diffère dans le fœtus et dans l'adulte; dans le fœtus elle est la même que chez les animaux dont les testicules restent toute la vie dans l'abdomen [3]), en d'autres termes, le muscle recouvre le gubernaculum jusque près du testicule [4]). Ce muscle se compose de fibres qui proviennent des muscles oblique interne et transverse.

Dans le fœtus humain, Hunter conclut à l'existence du muscle crémaster, qu'il n'avait pu constater lui-même, par analogie avec ce qui a lieu chez d'autres Mammifères [5]).

Le péritoine qui recouvre le testicule et l'épididyme est soudé intimement à ces organes, mais il n'est uni que faiblement avec les organes voisins, les reins, le muscle psoas, le muscle iliaque

[1]) John Hunter's *Bemerkungen über die thierische Ökonomie. Deutsch von* Scheller, n. éd. p. 1 ss. Les planches manquent dans cette édition, mais elles se trouvent dans l'édition anglaise donnée par M. Owen: *On animal oeconomy*, 1837.

[2]) On trouve cette planche reproduite dans: Loder, *Tabulae anatomicae*, tab. LXXVIII.

[3]) *O. c.*, p. 9.

[4]) *O. c.*, p. 10, 12.

[5]) *O. c.*, p. 13.

interne et la partie inférieure des muscles abdominaux. Au point où le gubernaculum sort de la cavité abdominale, le péritoine a l'air de quitter cette cavité, parce qu'il recouvre le gubernaculum sur une plus grande longueur que celle qui est contenue dans l'abdomen. C'est ce qui se voit très bien en tendant les muscles abdominaux, vu que le péritoine est fixé solidement au gubernaculum, tandis qu'il n'est attaché que d'une manière fort lâche aux parties voisines du point où, en apparence, il quitte la cavité de l'abdomen.

Lorsque le testicule s'est rapproché de l'anneau inguinal, le gubernaculum est situé dans le passage entre la cavité abdominale et le scrotum [1]; après que le testicule est parvenu dans le scrotum, le gubernaculum se retrouve encore, mais raccourci et comprimé [2]. Le testicule ne tombe pas dans le prolongement du péritoine, comme, dans la hernie inguinale accidentelle, les intestins tombent dans le sac herniaire; il *glisse* le long de la paroi extérieure de l'abdomen, de sorte qu'il n'est jamais suspendu librement de tous les côtés [3]. L'extensibilité du péritoine et la manière lâche dont il est joint aux organes environnants favorisent son allongement et sa descente dans le scrotum. „Si nous nous figurons", ainsi s'exprime Hunter [4], „un sac herniaire ordinaire, atteignant le fond du scrotum, enveloppé par le muscle crémaster, et dont la moitié postérieure recouvre, en s'y unissant, le testicule, l'épididyme, les vaisseaux spermatiques et le canal déférent, tandis que la moitié antérieure du sac pende librement au-devant de toutes ces parties, nous aurons une idée parfaite de l'état du péritoine et du testicule au moment où ils sont descendus dans le scrotum."

Hunter ne se prononce pas quant à la cause prochaine de la descente. Il croit devoir nier que le muscle crémaster puisse être cette cause, vu que ce muscle existe chez des animaux dont les testicules ne quittent pas la cavité abdominale, et que d'ailleurs, dans tous les cas, son action ne pourrait amener le testicule plus

---

[1]) *O. c.*, p. 16.
[2]) *O. c.*, p. 17 et Planche XXVI.
[3]) *O. c.*, p. 18.
[4]) *O. c.*, p. 17.

bas que l'anneau inguinal [1]). Le gubernaculum guiderait le testicule à travers le canal inguinal pendant la descente [2]), après lui avoir d'abord préparé la voie [3]).

Je dois reconnaître que mes recherches ont fourni un résultat qui s'éloigne peu des idées de Hunter. Voici en quoi consiste la différence essentielle. Les travaux postérieurs ont mis hors de doute que des fibres musculaires striées transversalement recouvrent le gubernaculum Hunteri chez le fœtus: je n'ai jamais manqué de les rencontrer dans l'examen de fœtus à l'état frais. Ainsi que je l'ai dit, Hunter n'était pas parvenu à les trouver, mais il concluait à leur existence par analogie. Il est souvent très difficile, comme l'a fait remarquer M. Donders, de constater la présence de fibres musculaires à stries transversales dans des organes frais; c'est à cela peut-être qu'il faut attribuer l'insuccès de Hunter. Je ne puis non plus partager l'opinion de cet anatomiste, que la cause de la descente doit être cherchée ailleurs que dans l'action musculaire: c'est un point qui sera traité plus tard; les faits anatomiques, je le répète, sont d'accord avec les résultats de l'observation directe.

Il ne sera pas inutile, avant d'aller plus loin, de fixer la signification précise du mot *gubernaculum*, ce terme n'étant pas toujours employé dans une acception identique. Lorsqu'on donne à un organe le nom de gubernaculum Hunteri, on devrait attacher à cette dénomination le même sens que Hunter lui-même. Or nous avons vu que celui-ci considérait le gubernaculum comme un cordon sur lequel se réfléchit le muscle crémaster; la seule question litigieuse est donc de savoir si des fibres musculaires existent à la surface du gubernaculum Hunteri. M. Kölliker et autres appliquent à tort le nom de gubernaculum (Hunteri) à un organe complexe, pour lequel Hunter se servait de deux termes, ceux de gubernaculum et de musculus testis. Dans la suite de ce travail nous prendrons

---

[1]) *O. c.*, p. 22.
[2]) *O. c.*, p. 11.
[3]) *O. c.*, p. 15.

l'expression gubernaculum testis H. dans le sens qui lui a été donné par Hunter, c'est-à-dire que nous entendrons par là la couche interne formée de tissu connectif et de tissu élastique; lorsque nous voudrons désigner collectivement le gubernaculum et le musculus testis, pour éviter toute confusion, nous ferons suivre l'expression gubernaculum Hunteri du mot „auctorum", ou bien nous ferons usage du mot „gubernaculum" tout court [1]). Cette dernière dénomination est d'un emploi très convenable pour de très jeunes embryons, chez qui il n'y a pas encore apparence de fibres musculaires. C'est Hunter lui-même qui a donné lieu à la confusion que je signale, en identifiant le ligamentum testis avec le ligament rond, ce qui est inexact, vu que le dernier renferme des fibres musculaires, lesquelles sont homologues avec le musculus testis; le ligament rond est homologue au gubernaculum Hunteri des auteurs, non au ligamentum testis H.

Hypothèse de Weber. Dans l'édition de l'*Anatomie* de Hildebrand donnée par E. H. Weber, ce savant avait exprimé l'opinion que l'hypothèse de Hunter était entièrement conforme à la vérité, et qu'après toutes les recherches exécutées il était difficile qu'il restât encore des divergences de vues à ce sujet [4]). Pourtant, quinze ans plus tard, nous voyons le même auteur produire de nouvelles recherches qui conduisaient à une hypothèse différant à beaucoup d'égards de celle de Hunter. Weber n'a fait connaître ses observations que

---

[1]) Dans sa traduction de l'ouvrage de Hunter, Scheller émit l'hypothèse que les testicules passaient de la cavité abdominale dans le scrotum en vertu de la forte pression que subit l'abdomen du fœtus lors de la naissance [2]). Je ne cite ceci que comme un exemple de la légèreté avec laquelle on a avancé de nouvelles hypothèses. Scheller, ayant traduit l'ouvrage de Hunter, devait connaître les observations qui s'y trouvent; or on lit, à la même page, que le testicule opère sa descente *avant* la naissance, et un peu plus loin [3]), que le processus vaginal est déjà oblitéré lors de la naissance, deux faits qui sont absolument contraires à l'hypothèse de Scheller. Celui-ci, néanmoins, ne se donne même pas la peine de discuter ces faits.

[2]) *O. c.*, p. 15.

[3]) *O. c.*, p. 20.

[4]) *O. c.*, IV, p. 396.

dans une courte note [1]); son intention était de les publier en détail plus tard, mais il fut empêché de donner suite à ce dessein.

Le point le plus important de cette hypothèse, celui par lequel elle s'éloigne de toutes les autres, est l'admission d'une poche séreuse, appelée *bourse inguinale*, qui prendrait naissance à l'endroit où se formera plus tard le canal inguinal. En se développant, partiellement, vers le haut, cette poche écarterait les faisceaux des muscles abdominaux, puis, pénétrant entre les deux replis du péritoine qui recouvre le testicule, se fixerait à ce dernier; en même temps, quelques fibres du muscle oblique interne seraient entraînées par elle. Plus tard, cette partie supérieure de la poche se renverserait dans la partie inférieure, laquelle, toutefois, a crû préalablement vers le bas et s'est introduite dans le scrotum, „préparant ainsi la voie au testicule." Le gubernaculum ne serait donc pas un cordon solide, mais un sac, une poche, recouverte de fibres musculaires.

Cette bourse inguinale se développe aussi bien chez l'Homme que chez le Lapin; dans les deux espèces, la descente se fait aussi *de la même manière*, savoir: 1°. *Par l'acte d'évolution lui-même* (*bildende Thätigkeit*), auquel est due la croissance du sac dans les deux directions indiquées, de sorte qu'après l'absorption du liquide renfermé dans le sac, le testicule trouve la voie ouverte. 2°. *Par les fibres musculaires* qui, dérivées du muscle oblique interne, s'étendent sur le sac dans les directions transversale et oblique; la formation première de ces fibres doit, toutefois, être rapportée encore à l'acte d'évolution lui-même. Elles ont pour effet d'attirer le testicule dans le canal inguinal. 3°. *Par le liquide péritonéal*, lequel commence l'invagination du sac, qui s'achève ensuite par l'action musculaire. Weber dit en terminant: une pression mécanique ne suffit pas à expliquer pourquoi le testicule sort de la cavité abdominale.

Weber avertit de ne pas se servir de fœtus conservés dans

[1]) Müller's *Archiv*, 1847, p. 403 ss. — *Berichte über die Verhandlungen des königlich sächsischen Gesellschaft*, I, p. 247.

l'esprit de vin, parce que le liquide contenu dans la cavité de la poche est alors disparu, de sorte que les deux parois se joignent et qu'on serait tenté de croire qu'on n'a pas affaire à un sac.

Cette hypothèse, qui avait eu d'abord de nombreux partisans, a trouvé, dans ces derniers temps, beaucoup d'adversaires. La question essentielle: y a-t-il, oui ou non, une bourse inguinale, est le plus souvent résolue négativement. C'est ainsi que M. Cleland [1]) dit qu'une bourse inguinale se rencontre de temps en temps, mais non d'une manière constante; M. Kölliker [2]) en nie l'existence; M. Linhart [3]) la regarde comme une anomalie. Ni M. le professeur Koster, ni moi, n'avons pu trouver de bourse chez les fœtus humains que nous avons examinés; nous n'avons pas été plus heureux avec le Lapin, animal qui devait présenter, sous ce rapport, un accord parfait avec l'Homme, et qui est particulièrement propre à ce genre de recherches parce que la descente s'opère chez lui plusieurs fois dans le cours de la vie. Chez une couple de fœtus conservés dans l'alcool je rencontrai une cavité qui, au premier abord, pouvait être prise pour la bourse inguinale; mais je constatai bientôt que ce n'était pas une poche véritable, mais une simple cavité produite par l'emploi des aiguilles de dissection, et telle qu'il s'en forme facilement dans le tissu connectif d'abord œdémateux. Weber vit la bourse très distinctement en insufflant de l'air; mais on sait qu'il est très facile de faire apparaître par ce procédé un sac rempli d'air dans le tissu connectif. J'ai pu produire ainsi des sacs variés, qui tantôt se montraient dans le scrotum, tantôt dans la région crurale.

Ce qui est contraire aussi à l'hypothèse de la pénétration d'une bourse dans la cavité abdominale, c'est qu'on trouve déjà le gubernaculum Hunteri (auct.) chez le fœtus humain âgé de 8 semaines et chez l'embryon de Lapin long de 6″. Chez ce dernier, le guber-

[1]) *The mechanism of the gubernaculum testis*, dans: Schmidt's *Jahrbücher*, XCVII, p. 131.

[2]) *O. c.*, p. 457.

[3]) *Vorlesungen über Unterleibs-Hernien*, 1866, p. 53.

naculum ne saurait être un repli du péritoine; la bourse, qui ne se forme que plus tard, devrait donc s'introduire dans ce gubernaculum — primordial — pour donner lieu alors à l'organe que Weber considère comme le gubernaculum.

Hypothèse de Kölliker [1]). Pendant le troisième mois il se forme un prolongement du péritoine qui finit par parvenir dans le scrotum; il s'étend alors comme un conduit à travers le canal inguinal: c'est le processus vaginal du péritoine. Déjà antérieurement, il s'était formé un cordon fibreux recouvert de péritoine, dirigé du conduit de Wolff, — maintenant le canal déférent, — latéralement au processus vaginal, vers la région inguinale: c'est le gubernaculum Hunteri. Le gubernaculum se développe en même temps que le processus, et finalement il arrive aussi dans le scrotum, où ses fibres se perdent. Les choses étant ainsi préparées, le testicule, accompagné de son enveloppe péritonéale, se rend à l'orifice du processus vaginal et pénètre, vers le septième mois, dans la cavité de cet organe; il s'y enfonce peu à peu et parvient enfin dans le scrotum. La tunique musculaire interne du testicule est tout ce qui se conserve du gubernaculum; tout le reste de l'organe disparaît complétement. Tandis qu'à l'origine le gubernaculum se compose d'éléments cellulaires, plus tard, on y trouve: des muscles lisses, des muscles striés transversalement et des faisceaux de tissu connectif. Les muscles striés se rendent, à partir du canal inguinal, aussi bien vers le haut (c'est-à-dire vers le testicule) que vers le bas (où ils forment ce qui sera plus tard le muscle crémaster). Ces muscles ne peuvent pas jouer un rôle important dans la descente, soit parce qu'une petite partie seulement du phénomène pourrait être expliquée de cette manière, soit parce que l'intervention de l'action musculaire n'est nullement démontrée. L'hypothèse de Weber est rejetée par M. Kölliker 1° à cause du manque de preuves établissant l'action musculaire; 2° parce qu'il n'a pu trouver de sac creux. D'ailleurs, l'existence d'un sac avec fibres musculaires fût-elle constatée, l'auteur regar-

---

[1]) *Entwicklungsgeschichte*, p. 453 ss.

derait encore comme impossible qu'elle pût rendre compte de la descente. Il adopte l'hypothèse de M. Cleland, d'après laquelle la cause du phénomène résiderait, 1° dans une inégalité de croissance des parties, 2° dans un retrait éprouvé par le gubernaculum. M. Kölliker rappelle, comme exemple d'un phénomène analogue, l'ascension de la moelle épinière, et il signale, comme fait contraire à l'hypothèse de l'action musculaire, l'allongement des artères spermatiques, lequel prouverait, en outre, que les parties situées au-dessus du testicule croissent plus rapidement que celles qui se trouvent au-dessous. Pour le passage à travers le canal inguinal, l'auteur requiert un organe qui retienne et guide le testicule, et il regarde le gubernaculum comme étant cet organe. Ce ligament 1° imprime une direction déterminée au mouvement du testicule; 2° il éprouve un raccourcissement, en vertu d'un mode spécial de développement de ses éléments, analogue aux modification du jeune tissu connectif dans les cicatrices. M. Kölliker ne va pourtant pas jusqu'à exclure tout à fait une contraction des muscles du gubernaculum.

L'hypothèse de Cleland se rattache à celle qui vient d'être exposée. Comme je n'ai pu me procurer l'ouvrage même de cet auteur, je dois me borner aux indications données plus haut d'après M. Kölliker. J'ajouterai seulement que M. Theile, qui a donné une appréciation critique de l'ouvrage [1]), ne fait aucune mention d'une inégalité de croissance; il dit que l'auteur n'a pas examiné assez d'objets et que ces figures sont mauvaises. M. Cleland nie l'existence d'une bourse inguinale, mais admet que les fibres du muscle crémaster se trouvent sur le gubernaculum.

Considérons maintenant de plus près quelques points essentiels de l'hypothèse de M. Kölliker.

Sur aucun des fœtus examinés, je n'ai pu constater que le processus vaginal s'étendît jusque dans le scrotum aussi longtemps que le testicule était encore dans l'abdomen. Au contraire, j'ai

---

[1]) *The mechanism of the gubernaculum testis*, 1857; dans Schmidt's *Jahrbücher*, XCVII, p. 131.

reconnu que le processus, bien que plus développé chez des fœtus de 4 mois seulement que chez d'autres âgés de 5 et de 6 mois, ne se prolonge jamais jusqu'au point où se trouvera plus tard l'anneau inguinal externe. Il est impropre de parler d'un développement du gubernaculum vers le scrotum, vu que le premier de ces organes existe déjà de très bonne heure et que plus tard il est recouvert et incorporé par la paroi abdominale. Il me semble en outre, que le texte n'est pas dans un parfait accord avec la figure schématique; si le phénomène avait lieu comme il est dit dans le texte, il devrait en résulter d'autres rapports que ceux que représente M. Kölliker (fig. 222).

L'exemple tiré de l'ascension de la moelle n'est pas tout à fait juste, comme M. Kölliker le reconnaît d'ailleurs lui-même [1]). L'allongement des artères spermatiques ne peut, il est vrai, être expliqué par une traction plus ou moins brusque; mais ici une autre cause intervient, ainsi que nous le montre, entre autres, un fait remarquable rapporté par M. Cloquet [2]). Chez un vieillard un des testicules fut trouvé adhérent au côlon, mais pourtant tout aussi développé que celui qui était contenu dans le scrotum; en dépit de l'anomalie de situation, les vaisseaux spermatiques étaient fortement sinueux. Nous avons donc ici un testicule parfaitement développé, *resté en arrière*, et dont les vaisseaux affectent un cours sinueux exactement comme ceux d'un testicule qui a opéré sa descente. Dans le fœtus décrit par M. Snellen il est également fait mention d'un cours sinueux, bien que là aussi les testicules fussent restés dans la cavité abdominale [3]). Ces faits prouvent que, quelle que puisse être la cause du déplacement du testicule, les vaisseaux se développent aussi bien en l'absence du phénomène que lorsqu'il s'est accompli régulièrement. Chez le fœtus jeune les vaisseaux sont très lâches et faciles à mouvoir

---

[1]) *O. c.* p. 251. V. pour plus de détails sur ce point ma *Dissertation*, p. 52.

[2]) *Recherches sur les causes et l'anatomie des hernies abdominales*, p. 23, V. fig. 2.

[3]) *Nederl. Archief voor genees- en natuurkunde*, *uitgegeven door* Donders en Koster, II, p. 70.

de côté et d'autre; quoique non onduleux, ils ne sont pas étendus en ligne droite, mais suivant une courbe. Il est donc permis de ne pas attacher grande importance à l'objection empruntée au cours sinueux des vaisseaux spermatiques, puisque ces vaisseaux possèdent déjà, avant la descente, une longueur plus grande que la distance entre le testicule et le point où ils dérivent de l'aorte [1]).

Si le gubernaculum agit à la manière d'une cicatrice, on devrait s'attendre à le voir distinctement; pourtant, comme M. Kölliker le dit lui-même, il disparaît presque entièrement, ne laissant qu'une couche mince de fibres musculaires. Mais, même en ne tenant pas compte, pour un instant, de cette difficulté, il n'en reste pas moins impossible de se représenter une action par cicatrisation. En effet, où est le point fixe du gubernaculum? Il ne peut se trouver que dans le scrotum, où l'organe se perd. Pendant la cicatrisation de cet organe ses deux extrémités se rapprocheront l'une de l'autre, à moins que l'une d'elles ne soit immobile. Le testicule doit être tiré à travers le canal inguinal. Or, l'anneau inguinal présente une forte résistance, tandis que le scrotum n'est qu'une masse molle, recouverte de peau. Dans la cicatrisation, le scrotum sera donc d'abord attiré jusqu'au contact de l'orifice inguinal extérieur; ce n'est qu'à partir de ce moment que le gubernaculum trouvera un appui suffisant pour faire franchir le passage au testicule. Mais une semblable disposition des parties n'a été reconnue, ni par les observateurs antérieurs, — parmi lesquels je citerai surtout Blumenbach, — ni par moi-même chez l'Homme, le Chien, le Cerf, le Lapin [2]). Quant au fait que le gubernaculum Hunteri (auctorum), au lieu de devenir de plus en plus apparent, comme l'exigerait l'hypothèse, devient de plus

[1]) Il n'y a pas lieu de s'étonner de trouver d'avance les vaisseaux sinueux ou du moins dans un état prononcé d'allongement et de relâchement, pas plus que de trouver un cœur double chez l'embryon; si les vaisseaux n'avaient pas de sinuosités, il arriverait simplement que les testicules ne seraient pas situés dans le scrotum, de même qu'un Mammifère ne pourrait exister sans un cœur double.

[2]) D'après le résultat de mes observations je suis pleinement d'accord avec M. Beck, qui regarde comme impossible que l'hypothèse mentionnée se présente à l'esprit lorsqu'on examine les parties sans idées préconçues.

en plus difficile à observer chez les fœtus d'un certain âge (5 à 6 mois), — et ne se présente plus, au moment de la sortie du testicule de l'abdomen, que comme un faible vestige (Hunter), consistant en tissu connectif œdémateux (d'après mes observations), — il est inutile d'insister pour montrer que ce fait est absolument contraire à l'hypothèse en question.

Il en est autrement lorsqu'on n'attribue au gubernaculum qu'une influence passive. Si, pour que son action pût être assimilée à celle du jeune tissu connectif dans la cicatrisation, il serait nécessaire de lui trouver une structure de plus en plus solide, il est clair qu'il n'en est plus de même lorsque le gubernaculum cesse simplement de croître: car dans ce cas il s'atrophiera progressivement, tout en rendant difficile (ou impossible) le changement de situation des parties auxquelles il est fixé. M. Kölliker ne conteste pas absolument la possibilité qu'une action musculaire entre en jeu; il pense seulement que cette action est insuffisante. Chez le Lapin toutefois elle est la seule qui puisse être invoquée, ce qui prouve déjà qu'à la rigueur le phénomène peut s'accomplir par sa seule intervention.

Hypothèse de Curling. Cette hypothèse mérite un examen spécial, parce qu'elle a trouvé plus d'accueil que beaucoup d'autres. D'ailleurs, l'auteur s'étant occupé pendant longtemps de l'anatomie des testicules, il a été plus qu'un autre à même de recueillir les faits anatomiques, et nous sommes en droit d'espérer que son hypothèse contiendra une explication de ces faits.

M. Curling [1]) mentionne d'abord la situation du testicule au-dessous du rein, mais sans rien dire au sujet de la première origine du gubernaculum; ensuite il décrit le mésorchium, le mésorchiagogos et le gubernaculum. Ce dernier, suivant l'auteur, se compose à l'intérieur de tissu connectif embryonnaire, tandis que la couche extérieure est formée de faisceaux musculaires striés transversalement; une couche mince de tissu connectif embryonnaire unit cette couche musculaire avec le péritoine (mésorchiagogos). Le gubernaculum se termine en trois faisceaux: le faisceau externe est

---

[1]) Todd's *Cyclopaedia*, IV, p. 982.

uni, dans le canal inguinal, au ligament de Poupart; le médian se rend au fond du scrotum; l'interne est fixé sur l'os du pubis et sur la gaîne du muscle droit. Le muscle oblique interne envoie un grand nombre de fibres musculaires à la face antérieure de cet organe.

Entre le cinquième et le sixième mois le testicule commence à se mouvoir vers l'anneau inguinal interne, qu'il atteint dans le septième mois; dans le huitième il traverse le canal inguinal, et à la fin du neuvième il repose sur le fond du scrotum. Le testicule ne vient pas se placer dans une poche formée d'avance par le péritoine, mais conserve avec ce dernier les mêmes relations que lorsqu'il était encore couché sous le rein.

Le passage vers le scrotum se fait de la même manière que chez les Rongeurs à l'époque du rut: les faisceaux externes du muscle crémaster attirent le testicule dans le canal inguinal; les faisceaux internes l'amènent au dehors; les faisceaux médians le conduisent au fond du scrotum; dans cette dernière phase le muscle crémaster est retourné peu à peu de dedans en dehors (everted). Lorsque le testicule est parvenu au scrotum, la partie du gubernaculum qui consiste en tissu connectif commence à diminuer de volume; tandis que les muscles, à l'exception des faisceaux médians, persistent et constituent ultérieurement le muscle crémaster. Le tissu connectif finit par entrer dans la composition du tissu qu'on rencontre plus tard dans le scrotum. Les faisceaux musculaires médians, dirigés vers le fond du scrotum, disparaissent entièrement ou presque entièrement.

Cette explication est claire et simple. M. Gray l'adopte complétement, mais il ne paraît pas avoir fait lui-même des recherches spéciales [1]). Dans une nouvelle édition de son ouvrage M. Curling maintient la même hypothèse [2]), et c'est là le motif pour lequel nous l'avons exposée après celle de M. Kölliker.

---

[1]) *Anatomy descriptive and surgical*, 2me édition, p. 713.

[2]) *A practical treatise on the diseases of the testis*, 3e édition, 1866. Dans *British medico-chirurgical review*, LXXVI, p. 408.

Cette hypothèse, à mon avis, pèche principalement en ce qu'elle admet la présence de fibres musculaires scrotales, qui, — je le répète de nouveau, — n'existent pas. Puisque M. Curling compare les phénomènes qui ont lieu chez les Rongeurs avec ceux qui se passent chez l'Homme, je dirai à mon tour que personne, après avoir étudié les Mammifères en question, ne sera tenté d'affirmer l'existence de fibres scrotales; je m'en réfère donc aux résultats que ne pourra manquer de donner tout examen direct fait sur un Lapin à l'état frais, à la fig. 2 de la Planche qui accompagne ce Mémoire et où la chose est également évidente, enfin à ce que j'en ai dit déjà plus haut.

Le dernier auteur qui s'est livré à des *recherches* sur la question qui nous occupe, est M. Linhart. Ce savant est en partie d'accord avec M. Curling, puisqu'il admet la même insertion des muscles du gubernaculum; mais il s'éloigne de lui en admettant un canal inguinal et une poche péritonéale existant déjà antérieurement, et en refusant de voir dans l'action musculaire la cause qui fait sortir le testicule de la cavité abdominale, vu que les muscles s'atrophieraient. D'après M. Linhart, nous sommes encore *dans une ignorance complète à l'égard de la cause*, et ne connaissons qu'une série de modifications anatomiques [1]).

C. Etude du mécanisme de la descente.

La glande sexuelle prend naissance, sous la forme d'un organe linéaire, au côté interne du corps de Wolff, tandis que les conduits de Wolff et de Müller sont situés au côté externe. Comme on le sait, la glande sexuelle s'unit avec un des deux conduits, dont elle est séparée toutefois par la largeur entière du corps de Wolff. Pour que l'union se fasse, il faut donc que la glande sexuelle se rapproche du conduit, ou réciproquement que le conduit vienne au contact de la glande. Il paraît que la première des deux hypothèses est la vraie: on trouve en effet que chez les jeunes embryons le gubernaculum Hunteri, l'artère ombilicale et les deux conduits se croisent tous en un même point, et la même relation se retrouve

[1]) *O. c.*, p. 52, ss.

chez les embryons plus âgés où la glande sexuelle s'est déjà unie avec le conduit. La cause de ce premier changement de situation n'est pas exactement connue; on peut supposer, ou bien qu'il soit le résultat direct de l'atrophie du corps de Wolff, ou bien que l'accroissement rapide en largeur de la glande sexuelle soit la cause immédiate tant du changement en question que de l'atrophie du corps de Wolff. La première supposition est plus vraisemblable, parce que chez le Lapin la partie supérieure du corps de Wolff s'atrophie, bien que la glande sexuelle ne s'étende pas jusque là, et parce que chez la larve de la Grenouille l'atrophie du corps de Wolff est sans aucune espèce de connexion avec le développement de la glande sexuelle.

Chez l'embryon âgé de 3 mois il ne reste déjà plus du corps de Wolff que ce qu'on en trouvera dans l'individu adulte [1]). Le testicule est situé précisément sous le rein [2]), de la même manière que la capsule surrénale est placée au-dessus de cet organe. L'épididyme est au côté externe du testicule; le canal déférent se dirige suivant une ligne courbe, au-dessus de l'artère ombilicale, vers le rein; tandis que le gubernaculum, très apparent, forme un cordon étendu en ligne droite et se perdant dans la paroi abdominale vers la région inguinale. Chez les embryons plus jeunes le rein est situé derrière le testicule. Il semble donc que ce dernier subisse dès cette époque une descente; mais, si l'on examine les choses de plus près, on trouve que le testicule ne change pas de place, tandis que le rein se rapproche de l'extrémité céphalique. Après que l'atrophie du corps de Wolff est achevée, la glande sexuelle tout entière est située à côté du conduit de Wolff, l'extrémité inférieure de la glande (le testicule) s'étendant alors exactement jusqu'au point où le gubernaculum se joint au conduit de Wolff. Ce point conserve la même position; cela est rendu évident par le croisement avec l'artère ombilicale, puisque celle-ci, fixée dans la paroi abdominale, ne saurait éprouver de déplacement.

---

[1]) V. Kölliker. *O. c.*, fig. 22.

[2]) Nous nous représentons le fœtus placé debout.

Chez le fœtus plus âgé on trouve le rein de plus en plus éloigné du testicule, mais sans que lui-même ait changé de place.

Le testicule n'est uni à la paroi abdominale, par le mésorchium, que d'une manière fort lâche; malgré cela, et bien qu'il soit très rapproché du petit bassin, il ne descend pas dans celui-ci, mais reste dans le grand bassin. Voyons ce que l'on sait au sujet de cette particularité, à laquelle on n'a prêté le plus souvent aucune attention.

Dans la Dissertation inaugurale du Dr. K. Snelleu [1]), parue il y a deux ans, on trouve mentionnée pour la première fois l'opinion de M. le professeur Koster, d'après laquelle l'absence d'une des artères ombilicales pourrait avoir pour conséquence qu'un des testicules pénètre dans le petit bassin. Le fœtus décrit dans cette dissertation était venu à terme, mais avait, entre autres anomalies remarquables, les deux testicules contenus dans la cavité abdominale, celui de droite près de l'anneau inguinal interne, celui de gauche au contraire dans le petit bassin; à ce dernier côté l'artère ombilicale manquait. Le même fait s'étant présenté chez le fœtus décrit dans ma propre Dissertation inaugurale, et chez un autre fœtus, long de $9\frac{1}{4}'$, où l'absence d'une des artères ombilicales s'accompagnait d'une anomalie toute pareille dans la situation du testicule, je me crus suffisamment autorisé à soutenir, comme très probable, l'opinion exprimée par M. le professeur Koster.

Les viscères qui augmentent beaucoup en volume, — parmi lesquels il suffit de citer le foie, — de manière à bomber l'abdomen du fœtus, forceront les testicules à se rendre vers des points où il ne se trouve que peu d'organes. Le repli péritonéal fortement saillant qui contient l'artère ombilicale ferme complétement le petit bassin sur le côté, tandis qu'en avant et en arrière l'accès de cette cavité est déjà défendu naturellement; le petit bassin, bien qu'il ne soit pas très rempli dans les premiers temps, ne pourra donc jamais, dans l'état normal, renfermer le testicule. Il y a quelques

---

[1]) *Over abnormale ontwikkeling van het systema urogenitale, en van het intestinum rectum*, p. 33.

jours le cabinet anatomique de notre université reçut de la salle d'accouchement un fœtus jumeau, qui était venu mort au monde après un enfant du sexe masculin, arrivé vivant et à terme. Ce fœtus pesait 2½ kilogrammes, et présentait tous les autres caractères d'un produit d'environ 7 mois, bien qu'il dût être âgé, comme l'enfant qu'il accompagnait, d'à peu près 9 mois, — au moins si l'on n'admet pas de superfétation. A l'autopsie, on trouva qu'il n'existait qu'une seule des artères ombilicales, mais que les deux testicules étaient logés dans le scrotum. Le double processus vaginal était encore entièrement ouvert, et le petit bassin était fort peu développé. Ce fait est, en apparence, contraire à l'hypothèse que nous considérons; mais il ne faut pas perdre de vue qu'il s'agit ici d'un fœtus très mal développé. En discutant la question ailleurs, j'ai fait remarquer que le petit bassin ne présente que pendant les premiers mois un espace suffisant pour loger le testicule, tandis que plus tard il est entièrement rempli. Chez le fœtus en question le développement avait été très lent, ce qui n'est pourtant pas une suite nécessaire de l'absence d'une des artères ombilicales [1]). En outre, la moitié inférieure du corps était surtout fort peu développée, de sorte que la cavité du petit bassin existait à peine. La vessie remplie d'urine était située pour ainsi dire au-dessus du petit bassin, et le péritoine formait entre la paroi latérale de la cavité abdominale et la vessie un repli qui peut bien avoir tenu lieu de la barrière qu'oppose, dans l'état normal, l'artère ombilicale. Si l'observation actuelle concernait un fœtus bien développé, alors seulement il serait prouvé que notre hypothèse est inexacte et que, même en l'absence d'une artère ombilicale, le testicule ne pénètre pas nécessairement dans le petit bassin, mais peut, comme à l'ordinaire, se rendre à l'extérieur.

J'accorde volontiers que, même après l'observation décrite par

[1]) Le fœtus décrit par M. K. Snellen le prouve suffisamment, car il était à terme et parfaitement développé, bien que, par suite de l'absence des reins, l'artère ombilicale unique eût dû charrier vers le placenta tous les produits excrémentitiels qui, à l'état normal, se rendent en partie dans le liquide amniotique.

M. Sandifort [1]), de nouvelles observations sont encore nécessaires pour étayer notre hypothèse; mais je crois aussi que le fait qui vient d'être rapporté ne fournit pas contre elle une objection décisive.

Fixons maintenant notre attention sur les rapports des organes tels que je les ai trouvés chez un fœtus long de $9\frac{1}{2}'$. Ce fœtus n'avait rien d'anomal, si ce n'est qu'il ne présentait qu'une seule artère ombilicale et que les testicules différaient l'un de l'autre par la situation. Au côté où l'artère ombilicale faisait défaut, le testicule était situé à la limite entre le grand et le petit bassin, et l'épididyme se trouvait au côté externe du testicule; à l'autre côté, le testicule était situé dans le grand bassin, près de l'anneau interne, et l'épididyme se voyait au bord interne du testicule. De ce côté, les rapports étaient donc tels qu'on les observe ordinairement chez les fœtus de cet âge. Dans un autre fœtus du même âge, avec une grande hernie ombilicale, les épididymes étaient situés l'un et l'autre au côté externe du testicule. Ces deux exemples prouvent de nouveau que l'artère ombilicale joue un rôle essentiel en s'opposant à la migration du testicule du grand dans le petit bassin. En effet, chez le premier fœtus nous voyons, au côté où l'artère manque, le testicule presque parvenu dans le petit bassin mais n'ayant pas subi de rotation. Pour ce dernier mouvement il n'y avait en effet aucune cause, car la pression croissante exercée par les viscères, à mesure qu'ils prennent plus d'extension, aura simplement pour effet de pousser le testicule et l'épididyme dans le petit bassin, dont l'accès est fermé en cas d'existence de l'artère ombilicale. Chez le fœtus affecté d'une hernie ombilicale avec ectopie vésicale, les intestins n'ont pu exercer absolument aucune pression; aussi trouvons nous ici les rapports tels qu'ils sont chez l'embryon de trois mois, c'est-à-dire à l'âge où les viscères, qui ne sont inclus en entier dans la cavité abdominale que depuis peu de temps, n'ont encore pu développer qu'une pression légère.

Le testicule, dont l'union avec la paroi abdominale est fort lâche, subit une pression venant du côté supérieur et postérieur; ne pouvant

[1]) *Nieuwe Verhandelingen der 1ste klasse van het Koninklijk Instituut*, VII. p. 115.

s'échapper vers le bassin, il cède vers le côté externe, et pour cela il doit tourner autour de l'épididyme. La position qui en résulte s'observe chez le fœtus âgé de 5 mois. Le gubernaculum est conique et se termine, ou plutôt se perd, en filaments très déliés dans la partie tout à fait supérieure du scrotum, près de l'os pubien; il est situé en grande partie en dehors de la cavité abdominale. Le testicule est enveloppé très librement par le péritoine, et se trouve dans la cavité de l'abdomen à quelques lignes de distance de l'anneau inguinal interne; il occupe une cavité légèrement infundibuliforme, débouchant dans l'anneau inguinal, et formée par les muscles abdominaux; cette cavité disparaît quand on tend fortement la paroi de l'abdomen. Aucun auteur ne fait mention de la rotation forcée du testicule autour de l'épididyme. M. Kölliker qui, chez un embryon de 3 mois, figure le testicule au côté interne de l'épididyme, ne dit rien à ce sujet [1]), pas plus que Blumenbach qui a représenté, dans un embryon de 4 mois, le testicule couché en partie sur l'épididyme [2]). Cette dernière observation s'accorde avec les miennes: chez des embryons longs de 7″ (âgés de $4\frac{1}{2}$ mois) j'ai trouvé également le testicule couché sur l'épididyme, ce qui doit être regardé comme la première phase de la rotation.

A la fin du cinquième mois on ne peut pas, sans faire un effort, amener le testicule au côté interne de l'épididyme, et dès qu'on le lâche, il reprend sa position première; l'inverse a lieu chez les fœtus âgés de 3 mois; et chez ceux qui viennent d'être mentionnés et qui avaient 4 mois, le testicule ne pouvait être placé, d'une manière permanente, latéralement à l'épididyme.

Chez un fœtus plus âgé (long de $10\frac{1}{2}$″) la partie du gubernaculum restée dans la cavité abdominale avait un peu diminué, mais était maintenant entourée d'une couche bien distincte de muscles striés transversalement, de sorte que l'ensemble avait un diamètre plus grand que la largeur du testicule. Les fibres musculaires se perdaient manifestement dans le muscle oblique interne.

---

[1]) *Entwicklungsgeschichte*, p. 362.

[2]) *Grondbeginselen der Natuurkunde v. d. Mensch, vertaald door* v. d. Breggen; 4e éd., pl. III, fig. 2.

Quant au gubernaculum lui-même, il était impossible de le suivre jusqu'à sa terminaison; sous ce rapport il était tout à fait comparable au ligament rond de la femme adulte. Chez les fœtus de cet âge on trouve au côté externe du gubernaculum le petit processus vaginal appelé sacculus Blumenbachii, Seileri. Chez le fœtus de 10½ pouces ce processus avait 2‴ de profondeur; il est donc très petit comparativement à ce qui existe chez le fœtus âgé de 4 mois.

Dans cette période de la descente nous voyons donc le gubernaculum Hunteri (auct.) disparaître de plus en plus de la cavité abdominale. Cela ne peut être attribué qu'à l'accroissement en épaisseur des muscles abdominaux; le gubernaculum lui-même ne diminue pas de longueur, mais il devient de plus en plus extérieur à la cavité de l'abdomen à mesure que les muscles abdominaux l'enveloppent davantage. En même temps la forme de la paroi abdominale change, car le petit bassin prend maintenant beaucoup de développement; il en résulte que le pénis et le scrotum, situés d'abord à la face antérieure de la paroi de l'abdomen, se trouvent ensuite plus bas, ce qui augmente la distance entre le testicule et le scrotum. Comme le gubernaculum se termine précisément au-dessus du scrotum, il faut donc qu'une plus grande portion de l'organe abandonne la cavité de l'abdomen et vienne se placer entre les muscles abdominaux et dans le tissu connectif sous-cutané. Le testicule conserve son enveloppe péritonéale, (mésorchium, plus tard tunique vaginale propre), tandis que le gubernaculum perd de plus en plus la sienne, en se glissant en quelque sorte derrière le péritoine. L'enveloppe du gubernaculum ne disparaît pourtant pas complétement, et ce qui en reste constitue le sacculus Seileri; mais nous avons vu que celui-ci est relativement beaucoup plus grand chez le fœtus de 4 mois que chez le fœtus parvenu à l'âge de 6 mois. Outre ce fait, un examen superficiel peut déjà nous convaincre de la fausseté de l'opinion d'après laquelle le testicule tomberait dans ce sacculus. Chez beaucoup de mammifères le gubernaculum paraît garder en entier son enveloppe péritonéale (mésorchiagogos), ce qui est en connexion avec une

circonstance sur laquelle Vrolik et Weber ont attiré l'attention: savoir, que chez le lapin la disposition des vaisseaux du testicule dans le mésorchium ressemble à celle qu'on voit dans le mésentère de l'intestin grêle, tandis que chez l'homme elle montre plus d'analogie avec ce qu'on observe dans le mésocôlon. Sur un embryon humain que j'ai sous les yeux, je remarque que le mésorchiagogos se comporte sous ce rapport comme le mésorchium; et sur un embryon de lapin, long de 10''', je retrouve la même concordance entre ces deux parties. La plupart des mammifères possèdent ainsi un sacculus Seileri plus grand que celui de l'homme; le fait est très visible chez l'embryon du lapin, et beaucoup d'auteurs le signalent chez d'autres mammifères.

Pendant que le gubernaculum abandonne ainsi de plus en plus la cavité abdominale, sa croissance propre se ralentit successivement. Il en est de même de la glande sexuelle, dont le volume chez un fœtus de 3 mois ne diffère pas beaucoup de ce qu'il sera à l'âge de 7 mois. Il en résulte que le testicule, glissant derrière le péritoine, se rapproche en apparence de l'anneau inguinal. Je dis *en apparence;* car, en réalité, ce sont les parties voisines qui, par leur accroissement rapide, occasionnent le changement de situation relative. On doit se représenter le glissement de cette manière: le testicule garde tout son péritoine, mais la partie de la paroi abdominale à laquelle le mésorchium est fixé se développant de plus en plus, tandis que le testicule est maintenu dans sa position par le gubernaculum, des points différents de la paroi viennent successivement se placer vis-à-vis du testicule. Ce jeu des parties est favorisé par l'union lâche du péritoine avec la paroi de l'abdomen, point sur lequel Hunter a insisté avec raison.

Le moment est enfin venu où le testicule devra pénétrer dans le canal inguinal, puis sortir définitivement de la cavité de l'abdomen; mais ce n'est que très rarement qu'on a pu saisir sur un fœtus l'instant de ce passage. Le cas ne s'est présenté qu'une seule fois à Blumenbach, parmi un grand nombre de fœtus observés [1];

---

[1]) *O. c.*, pl. III, fig. 1.

Hunter, ni aucun des auteurs que j'ai consultés n'en citent un exemple. Il est à regretter que Blumenbach n'ait pas décrit son observation avec plus de détails; il paraît toutefois que la disposition du muscle crémaster était analogue à celle qu'on rencontre à un âge plus avancé. L'anneau inguinal ne forme encore qu'un espace plus ou moins nettement circonscrit, tandis que le canal inguinal existe à peine.

Il paraît donc qu'on rencontre presque toujours le testicule soit à l'intérieur soit à l'extérieur de la cavité abdominale, de sorte que le passage à travers le canal inguinal doit se faire très rapidement. J'ai pu examiner un fœtus de 7 à 8 mois chez lequel les testicules étaient situés juste à l'orifice extérieur du canal inguinal. Du côté du scrotum se trouvait une masse composée de tissu connectif œdémateux, avec beaucoup d'éléments élastiques; ce tissu se liait avec le tissu connectif également œdémateux du scrotum; la partie du muscle crémaster qui se fixait sur l'épididyme n'était que faiblement infiltrée. Le muscle crémaster entourait le testicule comme d'un sac; il n'y avait pas trace d'un prolongement du gubernaculum dans le scrotum. La disposition des parties s'accordait en général avec la figure donnée par Hunter dans la planche XXVI; seulement, les vestiges du gubernaculum étaient moins distincts dans le cas actuel. Le canal vaginal était largement ouvert; le testicule était manifestement uni latéralement à un repli péritonéal, le mésorchium; mais il n'offrait pas les caractères d'une hernie, car dans ce cas le mésorchium aurait dû venir d'en haut. Le canal inguinal était encore fort peu développé. Ainsi que Hunter l'observe avec raison, l'anneau externe est quelquefois un obstacle à la descente; quant à l'anneau interne, les faits montrent qu'il n'est bien circonscrit qu'après que le testicule a déjà franchi l'anneau externe; il ne peut donc pas être un obstacle.

Le testicule, comme je viens de le dire, sort assez brusquement de la cavité de l'abdomen, en surmontant une résistance notable, celle de l'anneau inguinal. Nous ne pouvons attribuer cet effet qu'à l'action musculaire; la résistance à vaincre, et surtout la quasi-instantanéité du phénomène, ne permettent pas d'autre

explication; le dernier caractère exclut le déplacement par inégalité de croissance du gubernaculum et des parties voisines. D'un autre côté, la circonstance que le gubernaculum disparaît s'oppose à ce qu'une action de cicatrisation puisse être invoquée.

Ici toutefois, nous touchons un point qui a toujours donné lieu aux opinions les plus contradictoires. Hunter, comme nous l'avons vu, admettait déjà une action musculaire, bien qu'il n'eût pu trouver des fibres musculaires. Les dernières hypothèses de M. Weber et de M. Curling l'admettent également, et M. Kölliker lui-même, tout en donnant le pas à d'autres considérations, ne la rejette pourtant pas entièrement. Burdach niait l'action musculaire, en s'appuyant sur ce que la descente commençait déjà chez le fœtus à l'âge de 6 mois et qu'à cette époque il ne découvrait pas encore de muscles. Cette difficulté s'évanouit quand on reconnaît que le déplacement véritable n'a lieu qu'à un âge plus avancé et que l'action musculaire n'est indispensable que pour le passage à travers le canal inguinal. On a longtemps contesté l'existence de muscles sur le gubernaculum, et on a regardé le muscle crémaster comme formé de faisceaux du muscle oblique interne entraînés par le gubernaculum. Mais aujourd'hui on ne peut plus douter que des fibres striées transversalement ne recouvrent le ligamentum testis chez le fœtus humain. L'anatomie comparée nous apprend qu'il en est de même chez les autres mammifères, et que, spécialement, chez le lapin et tous les mammifères dont les testicules sortent de l'abdomen pendant le rut, on rencontre un gubernaculum composé de muscles striés transversalement. Chez ces animaux, le muscle du testicule du fœtus et le muscle crémaster de l'adulte sont un même organe, avec cette seule différence que la face interne du musculus testis est devenue la face externe; la même chose a lieu chez l'homme. Le fœtus décrit par M. Snellen, et que j'ai eu l'occasion d'étudier, est très intéressant pour élucider ce point; les testicules étant restés dans la cavité abdominale, chez un fœtus offrant d'ailleurs une croissance normale, le gubernaculum s'y montre dans ses relations fœtales et fortement développé. Je donne ici la description de ces parties, parce que l'analogie com-

plète entre le gubernaculum de l'homme et celui du lapin en ressort avec évidence [1]).

Le gubernaculum avait l'aspect d'une poche vésiculaire; la poche était formée de tissu connectif avec des muscles striés transversalement, et en dedans de la paroi se trouvait du tissu connectif fort lâche; au côté interne de cette paroi se voyait un *fascia* mince, tandis qu'à l'extérieur on reconnaissait distinctement que plusieurs faisceaux du muscle oblique interne passaient sur le gubernaculum, exactement comme on l'observe dans le muscle crémaster d'un homme adulte. Le gubernaculum prenait naissance au côté externe du muscle droit, un peu en avant, sous forme d'une aponévrose mince, longue de 3''', qui se continuait en faisceaux musculaires. Quelques-uns de ces faisceaux avaient un cours demi-circulaire (fig. 1, *l l'*) et passaient dans le muscle oblique interne, bien qu'ils pussent être suivis séparément jusque près du ligament de Poupart; tandis que d'autres faisceaux, qui avaient la même origine, se dirigeaient en haut vers le testicule et entraient dans la composition de l'organe vésiculaire en question (fig. 1, *l l*). De l'extérieur, c'est-à-dire en traversant le tissu connectif sous-cutané, je pouvais faire pénétrer un stylet dans la paroi musculaire; le tissu connectif interne offrait peu de résistance.

Chez le lapin le gubernaculum se retourne de dedans en dehors, pour reprendre plus tard, partiellement, la disposition fœtale. Aucune cause, autre que l'action musculaire, ne peut expliquer ce renversement. Le prelum abdominale ne peut en rendre compte, car on ne comprendrait pas pourquoi le testicule ne resterait pas indéfiniment dans l'abdomen, mais subirait l'influence du *prelum* précisément lorsqu'il a acquis un volume plus grand, c'est-à-dire quand il doit trouver une résistance plus forte. Si l'on suppose que l'effet se produit par l'intermédiaire du liquide péritonéal, qui existe habituellement (toujours?), on rencontre les mêmes difficultés; en outre, la pression se propageant dans tous les sens, suivant les lois de l'hydrostatique, elle comprimerait le gubernaculum de manière à empêcher absolument le testicule d'y pénétrer.

[1]) Voyez la Planche, fig. 1.

Enfin nous ne devons pas oublier de faire remarquer que, dans l'hypothèse d'un prelum abdominale expulsant le testicule, les intestins devraient nécessairement suivre, d'où résulterait une hernie congénitale; pareille difficulté n'existerait pas en cas de pression par la liqueur péritonéale, puisque cette pression s'exercerait aussi sur les intestins. La hernie en question s'observe bien quelquefois, d'après M. Hausmann, chez le cheval et le cochon; mais, si l'hypothèse était vraie, elle devrait se produire constamment; chez le lapin, où pourtant l'occasion se présenterait si fréquemment, je ne l'ai jamais rencontrée. M. Owen a donné une explication de la descente chez quelques mammifères faussement phanérorchiques [1]): le muscle crémaster attirerait le testicule jusqu'à l'anneau inguinal externe, après quoi ce muscle serait renversé par l'action du diaphragme et des muscles abdominaux; l'époque du rut passée, le testicule dégonflé serait ramené dans l'abdomen par le muscle crémaster. Comme M. Owen n'a ici en vue que le hérisson et la taupe, animaux que je n'ai pas étudiés, je ne puis me prononcer sur son assertion; mais, chez le lapin, les choses ne peuvent pas se passer de cette manière. On observe en effet, dans cette espèce, que la poche du muscle crémaster est déjà formée en partie lorsque le testicule se trouve engagé à demi dans le canal inguinal; la portion inférieure du testicule et le petit globe de l'épididyme sont dès lors partiellement entourés par le crémaster, qui les recouvre comme d'un capuchon étroitement appliqué. Ce capuchon grandit de plus en plus, jusqu'à ce qu'enfin, lorsque la descente est accomplie, le testicule soit enveloppé de tous les côtés par une poche (le muscle crémaster); d'après la manière de voir de M. Owen, le capuchon ne devrait pas exister sur un testicule qui n'a encore éprouvé qu'un déplacement partiel.

Quant à nous, nous ne pouvons nous expliquer les phénomènes que par une contraction, qui commence dans la partie la plus voisine de l'épididyme (et du testicule). Le petit globe est entouré circulairement, *pendant toute la vie*, par les fibres musculaires du

[1]) Hunter, *O. c.*, p. 7, note.

gubernaculum, et devra donc, lors d'une contraction de ce muscle, pénétrer dans la cavité du gubernaculum. A l'endroit où le petit globe s'élève sur le testicule, celui-ci est un peu aminci en pointe, de sorte que l'ensemble va en s'élargissant insensiblement à partir de l'extrémité; le gubernaculum s'élargit également. A chaque contraction provenant d'une section située plus haut, le testicule s'enfoncera davantage; on pourrait comparer ce qui a lieu ici avec ce qui se passe dans l'invagination des intestins. Une fois que l'introduction du testicule est complète, une contraction commençant au côté le plus éloigné du testicule produira un effet exactement inverse. — L'hypothèse de M. Weber, qui a déjà été exposée précédemment, a beaucoup d'analogie avec celle de M. Owen et est sujette aux mêmes difficultés.

Il est incontestable que le prelum abdominale (Owen) ou la liqueur péritonéale (Cooper, Weber) aident au phenomène, comme le montre ce fait, que les cris d'un enfant font quelquefois apparaître au dehors un testicule qui était resté dans l'abdomen; dans ce cas toutefois la sortie s'accompagne d'une hernie congénitale (si je puis m'exprimer ainsi), circonstance qui vient à l'appui de ce qui a été dit plus haut. Mais, si le prelum et la liqueur péritonéale facilitent la descente, ils ne peuvent en être regardés comme la cause déterminante. Comme telle, ce qui me paraît le plus probable, c'est l'action assignée plus haut, bien que je reconnaisse qu'elle n'est pas démontrée expérimentalement. M. le professeur Koster m'a fourni l'occasion d'essayer, sur un lapin vivant, si les testicules, lorsqu'ils se trouvent en dehors de l'abdomen, ne pourraient être ramenés dans sa cavité par l'excitation galvanique du gubernaculum; mais, bien qu'une forte contraction se manifestât, l'effet désiré ne fut pas obtenu. Je dois faire remarquer du reste que cet insuccès était probable à priori, car une excitation aussi grossière du gubernaculum ne pouvait évidemment être comparée à l'influence nerveuse qui agit sur cet organe à des époques déterminées de la vie de l'animal et dans des conditions toutes spéciales. Peut-être l'irritation de certains nerfs ou de quelque point central donnerait-elle de meilleurs résultats; mais je n'ai pu faire aucune

recherche à cet égard. Je rappellerai encore que M. Donders a observé, chez le chien, une forte contraction du gubernaculum testis retenti [1]).

Chez l'homme l'explication du phénomène paraît devoir être la même que chez le lapin. Beaucoup de ceux qui reconnaissent l'existence de muscles, hésitent il est vrai à y placer la cause cherchée. Hunter en a déjà donné la raison: parce que, dit-il, le testicule ne pourrait alors dépasser l'anneau inguinal externe [2]). Meckel et beaucoup d'autres anatomistes sont, sur ce point, d'accord avec Hunter; Curling seul, qui admet des fibres musculaires scrotales, s'en tient tout uniment et simplement à l'action musculaire. Il est remarquable que Meckel, cet observateur si exact, tout en reconnaissant la difficulté signalée, n'en adopte pas moins sans hésitation l'hypothèse de l'action musculaire, bien qu'il ne s'explique pas sur la manière dont s'achève le mouvement du testicule. Ceux qui, comme M. Kölliker, n'admettent pas une action musculaire n'en sont pas moins arrêtés par la même difficulté que Hunter, vu qu'il n'y a pas de gubernaculum Hunteri proprement dit dans le scrotum.

La disposition des parties dont il s'agit est moins bien connue chez l'homme que chez le lapin. Il est constaté, toutefois, que chez le fœtus âgé de 6 à 7 mois (et même avant) il y a des fibres musculaires sur le ligamentum testis H. (c'est-à-dire que le gubernaculum Hunteri *auctorum* contient des fibres musculaires), et que le testicule est situé au sommet du gubernaculum Hunteri, lequel est plus large que le diamètre du testicule et enveloppe entièrement le petit globe de l'épididyme. Chez le fœtus de 8 mois on trouve le testicule, qui vient de franchir l'anneau externe, entouré d'une enveloppe formée de tissu connectif et de faisceaux musculaires; ces derniers s'implantent au même point que le muscle crémaster (m. testis) du nouveau-né et que le m. testis (m. crémaster) du fœtus; en outre, tandis que chez le fœtus de 6 mois on voit le ligamentum testis H., sous forme de cône, chez celui de

[1]) *Nederlandsch Lancet, uitgegeven door* Donders en Jansen, 2e Série, 5e année, p. 380.

[2]) *O. c.*, p. 13.

8 mois on ne rencontre plus sous le testicule que du tissu connectif œdémateux. Quand on compare les figures 1 et 2 de notre Planche, l'analogie entre le gubernaculum de l'homme et celui du lapin apparaît distinctement; dans les deux cas c'est un organe musculaire. On remarquera aussi que dans le fœtus figuré l'origine et le cours des fibres musculaires sont exactement les mêmes que dans le muscle crémaster d'un individu adulte et bien conformé.

Nous avons donc ici essentiellement la même chose que chez le lapin; il n'y a que le ligamentum testis proprement dit, c'est-à-dire la masse de tissu connectif et de tissu élastique contenue dans le musculus testis, que nous n'ayons pas rencontré chez le lapin après la naissance mais avant que les testicules eussent déjà apparu au dehors. Chez un lapin examiné avant la naissance, et long de 3″8‴, nous avons toutefois trouvé une couche de tissu connectif. Au fond, l'homme et le lapin sont constitués, sous ce rapport, de la même manière, et nous sommes donc autorisés à assigner, dans les deux espèces, une cause identique à la descente du testicule.

Il n'est pas non plus sans importance, que le testicule n'ait été trouvé que très rarement *dans* l'anneau (c'est-à-dire à l'intérieur du court canal inguinal); cette circonstance est en harmonie avec notre manière de voir, puisque, l'action musculaire une fois commencée, la descente devra marcher rapidement. L'anneau externe, enfin, est le seul point qui présente une résistane notable; une action musculaire paraît absolument nécessaire pour vaincre cette résistance. Comme il y a aussi des fibres musculaires non striées dans le gubernaculum, on peut leur attribuer une part de rôle, mais je ne crois pas qu'elles suffisent à rendre compte de la totalité de l'effet. Leur action a été invoquée principalement par ceux qui comprenaient qu'une action musculaire était la seule explication possible, mais qui n'avaient pu découvrir de muscles striés transversalement.

Notons aussi que les différentes significations données à l'expression gubernaculum Hunteri ont été une cause d'erreur. Seiler, Burdach et autres disent, avec raison, que le gubernaculum n'est pas creux et que, par conséquent, il ne saurait se retourner; quant au musculus testis, bien que Burdach ne parle pas expressément

de son retournement, il résulte pourtant de sa description qu'il admettait cette inversion. Ceux qui comprenaient aussi la couche musculaire sous le nom de gubernaculum Hunteri et admettaient le retournement de cette couche, crurent que Burdach et ses adhérents s'étaient trompés. Mais les uns et les autres pensaient au fond la même chose; le gubernaculum testis ne se renverse pas; son enveloppe musculaire, le musculus testis, se renverse bien.

Enfin le fait que la descente est parfois retardée jusqu'à l'époque de la puberté, alors qu'il ne peut plus être question d'inégalité de croissance, prouve qu'elle est due à l'intervention musculaire. Chez l'homme le doute serait peut-être encore permis; car on pourrait croire à l'expulsion par le prelum abdominale d'un testicule resté dans le canal inguinal; mais chez le cheval, qui du reste offre avec l'homme, sous ce rapport, une analogie complète, il a été démontré positivement que le testicule provenait de la cavité abdominale. D'ailleurs, la circonstance que chez le cheval les testicules ne font leur apparition à l'extérieur qu'après la naissance suffirait déjà pour faire rejeter l'idée que le phénomène puisse dépendre d'une inégalité de croissance.

Comme dernière preuve à l'appui d'une action du muscle crémaster, récemment mise en jeu, rappelons encore que ce muscle, chez l'homme de même que chez le cheval, est doué de plus de sensibilité et accuse une activité plus prononcée dans les premiers temps de la vie qu'à un âge plus avancé.

Notre conclusion définitive est donc que la descente proprement dite du testicule, c'est-à-dire sa sortie de la cavité abdominale, est produite par la contraction des muscles qui recouvrent le ligamentum testis et qui sont une continuation des muscles de l'abdomen. De toutes les hypothèses que nous avons passées en revue, celle-ci nous paraît être la seule qui s'accorde avec l'observation.

Lorsque le testicule a quitté la cavité abdominale, il se trouve près de l'anneau inguinal externe, et parvient ensuite, en peu de semaines, au fond du scrotum. Ce dernier déplacement se fait d'une manière purement mécanique; le scrotum, en effet, est rempli de tissu connectif qui s'atrophie lentement par la pression

continue du testicule. Dans les nombreux fœtus que j'ai eu l'occasion d'examiner avec M. le professeur Koster, nous n'avons jamais rencontré de fibres musculaires scrotales; Hunter ne les a jamais vues non plus, et je crois pouvoir dire, avec M. Beck, que l'hypothèse de leur existence ne résiste pas à l'étude anatomique.

L'histoire du développement du gubernaculum, telle qu'elle a été tracée plus haut, il est vrai d'une manière incomplète, tend également à rendre peu probable la présence de cet organe dans le scrotum, à moins qu'on ne veuille admettre, — avec M. Rathke [1]) et autres, — la formation subséquente d'un prolongement vers le scrotum. Le gubernaculum prend naissance à l'endroit où se verra plus tard l'anneau inguinal externe, et il procède du tissu connectif embryonnaire — plus tard sous-cutané — qui se trouve en ce point, et qui se développe, d'une part en gubernaculum, de l'autre en scrotum. Nous trouvons en conséquence, ainsi qu'il a déjà été dit, le gubernaculum et le scrotum unis au tissu connectif sous-cutané dans le même point, savoir près de l'os pubis ou de l'anneau inguinal externe.

M. Bär a fait connaître dernièrement un cas dans lequel le testicule, situé dans la région inguinale, fut déplacé subitement vers le périnée; ainsi qu'un autre cas où le testicule occupait la région crurale et où le cordon spermatique se rendait vers cette région après avoir traversé comme d'ordinaire le canal inguinal [2]). De pareils faits ne seraient explicables, suivant l'hypothèse de M. Curling, que par des fibres périnéales et crurales; ces fibres toutefois n'ont jamais été vues par personne, et d'ailleurs, au moins en ce qui concerne le premier des faits rapportés par M. Bär, celui du déplacement subit des testicules chez un jeune homme, leur action ne saurait être invoquée.

A l'aide d'une légère pression, ou même d'une insufflation d'air, on peut très facilement se frayer un passage du canal inguinal jusque dans le scrotum, en restant constamment dans le tissu connectif sous-cutané. On sait en outre que, dans des cas qui ne

[1]) *Abhandlungen zur Bildungs- und Entwickelungsgeschichte*, I, p. 71.

[2]) *Prager Vierteljahrschrift*, 1866, p. 91.

sont pas très rares, une portion des intestins pénètre dans les grandes lèvres (homologues du scrotum), en écartant le tissu adipeux qui se trouve dans ces parties. Les intestins ne sont poussés vers les lèvres par aucune autre force que par la pression à laquelle est soumise la cavité abdominale tout entière. Il en est de même pour les testicules. Par l'intermédiaire du processus vaginal encore ouvert, ils sont exposés à la même pression que les intestins dans la cavité abdominale; et le scrotum, qui correspond aux lèvres, est rempli d'un tissu qui offre beaucoup moins de résistance que le tissu adipeux. D'après cela, les faits rapportés plus haut s'expliquent beaucoup plus naturellement en admettant que, sous l'influence du prelum abdominale, les testicules se fraient lentement un chemin vers le point où la résistance est le plus faible, qu'en supposant l'existence de fibres musculaires périnéales et crurales dans le gubernaculum. Le premier mode d'explication peut se fonder sur ce que dans la hernie labiale, où la disposition des organes est semblable, les choses se passent d'une manière analogue; tandis que le second mode en appelle à des fibres musculaires scrotales, dont l'existence est elle-même douteuse, pour ne rien dire de plus. L'anatomie comparée nous fournit un grand nombre d'exemples dans lesquels la poche qui renferme le testicule est formée par cet organe lui-même, sans l'intervention de fibres scrotales; ces exemples ont déjà été mentionnés précédemment. Cela prouve que chez beaucoup d'animaux le testicule se fraie sa propre voie; et, après ce qui vient d'être dit, je regarde comme très probable qu'il en est de même chez l'homme, — ainsi que chez le chien, le cheval et le taureau. Quelques cas, fort rares il est vrai, où le testicule, parvenu dans le périnée, y forme une poche propre, montrent que, sous ce rapport encore, le testicule de l'homme se comporte comme celui de beaucoup d'autres mammifères.

Il est peut-être superflu de faire remarquer que, bien que le testicule de l'homme se fraie ainsi lui-même sa route, il y a pourtant une certaine différence avec ce qui a lieu chez le lapin. Chez cet animal le testicule doit bien repousser les téguments généraux de la même manière que le testicule de l'homme quand il est

situé vers le périnée; mais chez l'homme, dans le cas habituel, le testicule trouve devant lui un organe qui, dans son origine, son développement ultérieur et ses rapports avec la paroi abdominale au point même où le gubernaculum Hunteri (auct.) prend naissance, possède déjà les conditions propres à la réception du testicule; tout ce que celui-ci a à faire, c'est de s'ouvrir un passage vers un organe à la formation duquel il n'a concouru en rien, et dans cette migration il lui arrive de s'égarer parfois. Quant à la cause qui détermine la formation préalable du scrotum, nous ne pouvons la pénétrer; il est clair seulement, d'après ce qui a été dit plus haut, que le scrotum et le gubernaculum, partant du même point, sont par là même en connexion mutuelle; ce qui résulte d'ailleurs aussi, nécessairement, de la manière dont ils prennent naissance.

Le testicule est ainsi arrivé au fond du scrotum, ce qui a lieu ordinairement quelques semaines avant la naissance. Dans les premiers temps toutefois, le testicule ne reste pas tranquille, mais a une grande tendance à remonter vers le canal inguinal et dans la cavité de l'abdomen; on dirait que le muscle crémaster, après le travail auquel il vient de se livrer, a de la peine à rentrer au repos; il n'y a pas lieu d'en être surpris, car un muscle qui a fonctionné récemment possède plus de force qu'un muscle qui est demeuré pendant des années dans une inaction presque complète, comme c'est le cas pour le crémaster chez l'adulte. Chez le jeune cheval on observe le même phénomène que chez l'homme, mais à un plus haut degré, de sorte que le testicule rentre parfois subitement dans la cavité abdominale [1]); la descente a lieu d'ailleurs, dans cette espèce, plus tardivement que chez l'homme. La cause que chez beaucoup de nouveau-nés on ne trouve dans le scrotum bien développé qu'un seul ou même aucun des testicules, doit être cherchée peut-être dans une pression extérieure exercée sur les testicules pendant la parturition.

---

[1]) Hausmann, *Ueber die Zeugung und Entstehung des wahren weiblichen Eies bei den Säugethieren und Menschen*. p. 5.

J'ignore si le testicule, une fois qu'il est remonté dans l'abdomen, retourne plus tard dans le scrotum, comme cela a lieu chez le cheval. Le fait est rendu assez improbable par l'observation de M. Marchall, suivant laquelle beaucoup de personnes auraient la faculté d'élever plus ou moins les testicules mais non celle de les faire redescendre. L'inefficacité de l'application d'un courant électrique ou galvanique au scrotum pour faire apparaître les testicules, était facile à prévoir d'après l'absence de fibres scrotales; elle serait inconciliable avec l'hypothèse de M. Curling. L'insuccès de ces tentatives prouve que, même au point de vue pratique, une connaissance plus exacte du mécanisme de la descente serait loin d'être dénuée d'importance; sans l'hypothèse des fibres scrotales, on n'aurait probablement jamais songé au mode de traitement rappelé, et on aurait épargné une déception au patient et à soi-même.

Je mentionnerai encore une anomalie dont on pourrait arguer pour contester que le gubernaculum soit l'agent de la descente. Comme on sait, il y a une période de l'évolution des mammifères dans laquelle ils ne sont d'aucun sexe; quand le sexe se prononce, un des deux conduits de Wolff ou de Müller disparaît, en s'unissant à la glande sexuelle. Mais il n'y a jamais qu'un seul gubernaculum Hunteri [1]), qui, suivant que l'embryon devient un individu mâle ou femelle, se développe en gubernaculum testis ou en ligament rond. Dans quelques cas rares, les conduits persistent l'un et l'autre et il se produit un individu hermaphrodite. C'est ainsi que M. Wrany, en examinant dernièrement un cas d'hermaphrodisme latéral, a trouvé qu'il existait simultanément, d'un côté un ligament rond et un testicule descendu, et de l'autre côté un gubernaculum Hunteri et un ligamentum testis; le ligament rond et le ligamentum testis ne seraient donc pas un même organe. Dans ma Dissertation inaugurale je n'ai pu faire mention de ce cas, parce qu'il n'est venu à ma connaissance que pendant l'impression; toutefois l'objection s'était déjà présentée à moi, de sorte que j'avais discuté quelques autres cas où l'on avait prétendument trouvé à la fois

---

[1]) Ruysch cite un cas dans lequel on voyait, d'un côté, un ligament rond double; mais sa description est incomplète (*Opera omnia*, p. 82).

des testicules descendus et des ligaments ronds. Cette discussion m'avait amené à conclure qu'on se laisse entraîner trop aisément, sans motifs suffisants, à une pareille interprétation des faits. M. Förster, en copiant une figure donnée par M. Berthold, a imposé arbitrairement à une certaine partie le nom de ligament rond, bien que Berthold eût dit expressément que cet organe manquait. D'autres exemples rapportés par M. Förster et par M. Mayer me parurent tout aussi peu concluants; c'est ainsi que le dernier auteur donne le nom de ligament de Hunter ou de ligament rond à des cordons qui n'ont avec ces organes qu'une vague analogie de position; on ne doit pas regarder comme suffisamment caractérisé un cordon dont on ne connaît pas la composition, et dont on ignore surtout s'il renferme, oui ou non, des fibres musculaires. Ce que je viens de dire s'applique aussi, à mon avis, au cas de M. Wrany [1]), où il n'est question que d'un faisceau de fibres. Un repli du péritoine, qui embrasse des vaisseaux et des nerfs, peut avoir l'apparence d'un cordon, et on est maître de le désigner comme tel; mais on n'a pas le droit de lui donner le nom de gubernaculum de Hunter ou de ligament rond. La figure que M. Wrany joint à sa description ne tranche pas la question; d'un autre côté, notre manière de voir, d'après laquelle les faisceaux de fibres ne correspondent pas à un organe déterminé, trouve un appui dans la circonstance que le ligament large contenait également des fibres, qui passaient en partie dans le prétendu ligament rond, en partie dans les trompes rudimentaires; le ligament rond et le ligament de Hunter ne reçoivent jamais de fibres du ligament large.

Lorsque le testicule ne quitte pas l'abdomen, on trouve un gubernaculum Hunteri (auct.); ce fait, toutefois, ne prouve rien contre la fonction assignée à cet organe, comme Meckel l'a fait observer avec raison. Dans un cas de cette nature, décrit par M. Cloquet sur un individu de 60 ans, la contraction avait probablement eu lieu, mais le testicule, d'ailleurs bien développé, avait été retenu mécaniquement, par soudure avec une anse intestinale.

---

[1]) *Prager Vierteljahrschrift*, XCIII, p. 67.

Dans la plupart des cas où l'on ne peut admettre un obstacle de la part du testicule ou de l'anneau inguinal, la contraction du muscle du testicule paraît ne pas s'être opérée. L'hypothèse d'une action musculaire se concilie certainement mieux avec les faits de cette espèce, que celle d'une action de cicatrisation. Lorsque le gubernaculum existe, la cicatrisation, dont la descente serait le résultat, doit se faire nécessairement, de sorte que la cause qui s'oppose à la sortie du testicule demeure alors fort obscure. Dans notre hypothèse, au contraire, il ne suffit pas de la présence du gubernaculum; il faut en outre son intervention active et subite. Nous trouvons en effet, dans les cas de rétention du testicule, le gubernaculum dans le même état que chez le fœtus âgé de 7 mois, alors que le musculus testis ne s'est pas encore contracté; c'est ce qui se voit entre autres très bien chez le fœtus, presque à terme, décrit par M. Snellen et dont il a déjà été question plus haut: le gubernaculum est bien développé, mais les muscles, quoique très distincts, n'ont pas atteint un développement suffisant, ou ne se sont pas contractés (?). Quant à la cause de cette inaction, on l'ignore; et elle restera voilée aussi longtemps qu'on ne connaîtra pas le centre d'où part le mouvement du muscle du testicule ou muscle crémaster.

En terminant, je ferai remarquer que la descente des ovaires ne peut être comparée à la descente des testicules que dans les premières phases de la vie embryonnaire; les ovaires pénètrent dans le petit bassin parce que, à l'âge de la puberté, le petit bassin se dilate considérablement, tandis que l'utérus avec les trompes et les ovaires ne prennent alors que peu d'accroissement. On trouvera sur ce point de plus amples détails dans ma Dissertation; je n'en fais mention ici que parce qu'on a voulu y puiser un argument en faveur de l'hypothèse qui attribue la descente des testicules à une action de cicatrisation. Je le répète, le changement de situation de la glande sexuelle mâle n'est, chez l'homme, analogue à celui de la glande femelle, que pendant les premières périodes; plus tard, c'est un phénomène très différent.

Explication de la planche.

Fig. 1. Elle représente l'extrémité inférieure du fœtus décrit par M. K. Snellen dans sa Dissertation: „*Over abnormale ontwikkeling van het systema uro-genitale en van het intestinum rectum.*" Le côté droit montre les organes dans la situation qu'ils occupent sur la planche II de cette Dissertation; pour faire voir clairement la direction des fibres musculaires sur le gubernaculum testis H., cet organe a été tendu au côté gauche; à cet effet, le canal déférent a été coupé et le testicule ramené vers le haut. Le tout est débarrassé du péritoine. — Grandeur naturelle.

1′ Aorte abdominale.
4. Artère iliaque commune droite.
5. Artère iliaque commune gauche.
7. Artère spermatique gauche.
15 , 15′. Artère ombilicale droite.
r. Portion d'intestin distendue par du méconium.
q. Cordon fibreux par lequel se termine le canal intestinal.
b r. Testicule droit. — *b l*. Testicule gauche.
z r. Canal déférent droit.
z l, *z l*′. Canal déférent gauche, coupé. De la partie inférieure, *z l*, part
ij, bande de tissu connectif, qui s'étend jusqu'au gubernaculum.
q′. Cloaque, qui consiste en un cordon fibreux.
l r. Gubernaculum Hunteri droit.
l l, *l l*′. Gubernaculum Hunteri gauche, tendu. En *l l* on voit les fibres longitudinales, qui se rendent au testicule; en *l l*′ les fibres courbées, qui passent dans les muscles de l'abdomen.
o i r. Paroi abdominale droite, réfléchie.
o l i. Paroi abdominale gauche, réfléchie.

Fig. 2. Elle représente la partie inférieure d'un lapin mâle adulte; la paroi abdominale est réfléchie sur le côté et la peau est enlevée. Afin de faire ressortir l'analogie avec le gubernaculum du fœtus de la figure précédente, affecté de rétention du testicule, le testicule droit á été retiré du soi-disant scrotum et ramené vers le haut, ce qui a tendu le gubernaculum. Un stylet a été introduit, à travers le tissu connectif sous-cutané, dans la cavité du gubernaculum retourné. Situation des autres parties telle qu'elle est chez le lapin mâle immédiatement après la naissance. — Grandeur naturelle.

6. Artère spermatique droite, coupée.
15′, 15′. Pli très saillant, formé par les restes de l'artère ombilicale droite (pli vésico-ombilical latéral droit).

r. Rectum. — *v.* Vessie, se terminant dans l'ouraque rudimentaire.
b r. Testicule droit. — *e r.* Epididyme droit, se terminant par
g r, petit globe de l'épididyme. — *z r.* Canal déférent droit.
l r. Gubernaculum droit.
l r'. Tête du stylet introduit dans la cavité du gubernaculum. — *x.* Stylet.
b. Racine du péritoine du canal déférent, se réfléchissant sur le gubernaculum et se confondant avec le péritoine qui embrasse cet organe.
p s r. Muscle psoas droit. — *p s l.* Muscle psoas gauche.

Fig. 3. Les organes sexuels d'un embryon de lapin, long de 10 lignes. A droite les organes sont dans leurs rapports naturels, tandis qu'à gauche, par une traction exercée sur le gubernaculum Hunteri, une portion du conduit de Wolff a été fendue en deux parties, dont l'une est restée adhérente au gubernaculum; celui-ci s'est détaché au point de jonction avec le conduit de Wolff (p. 45). La forme de la glande sexuelle n'est pas bien rendue. — Grossie.

b d. Repli du péritoine du corps de Wolff, s'étendant vers le diaphragme.
n. Rein. — *w.* Corps de Wolff. — *g.* Glande sexuelle.
w g. Conduit de Wolff. — *m g.* Conduit de Müller.
b g. Repli du péritoine du corps de Wolff, s'étendant de la glande sexuelle aux conduits de Wolff et de Müller.
l r. Ligamentum Hunteri droit.
l l. Ligamentum Hunteri gauche, arraché du conduit de Wolff. En
l'l on voit la partie qui est restée unie avec le conduit de Wolff.
r. Rectum. — *u v.* Ouraque, renversé en avant.
15. Artère ombilicale gauche.

Le côté droit représente les mêmes parties que le côté gauche.

Fig. 4. Embryon de lapin, vu de côté, long de 6 lignes. Les extrémités et la paroi abdominale au côté gauche, ainsi que la vésicule ombilicale, sont enlevées en grande partie. L'artère ombilicale a été écartée un peu du corps de Wolff, afin de mieux faire voir le gubernaculum Hunteri. — Grossie 4 fois.

α. Surface extérieure de l'embryon.
β. La lame cutanée débarrassée de l'épiderme.
e a l. Extrémité antérieure gauche, coupée au point où elle se détache du corps.
e p l. Extrémité postérieure gauche, coupée au point où elle se détache du corps.
a. Oreille.
g e. Organe sexuel extérieur conique (l'éminence sexuelle et les plis sexuels avant leur séparation). — *h e.* Foie. — *i.* Intestins. — *i'.* Estomac.
d. Diaphragme.
22. Sinus veineux commun et conduit de Cuvier gauche, se dessinant à travers une couche mince de la future paroi thoracique, dont ils sont encore recouverts.
21. Veine ombilicale.
15. Partie de l'artère ombilicale gauche, libre en dehors de la paroi abdominale.

15* (Teinte foncée). Partie de l'artère ombilicale gauche, appliqnée contre la paroi abdominale et entourée par elle latéralement. La paroi abdominale a été enlevée en grande partie, de sorte qu'il n'en reste qu'une couche fort mince, indiquée par la teinte foncée. Cette couche s'étend d'un côté jusqu'en *l l*, où la paroi est enlevée complétement, de l'autre côté jusqu'en β', où la paroi abdominale, débarrassée de la lame cornée, s'applique contre l'artère.

w. Corps de Wolff, recouvert par le péritoine.

wmg. Les conduits de Wolff et de Müller, étendus l'un à côté de l'autre, et comprenant entre eux un tissu distinct du corps de Wolff.

x. Partie du corps de Wolff non recouverte de péritoine.

l l. Ligamentum Hunteri, un peu étiré en longueur par suite de l'éloignement de l'artère ombilicale du corps de Wolff.

Fig. 5. Moitié inférieure d'un embryon mâle de Didelphys, mentionné p. 39 du texte. Grossie au moins 4 fois. On voit distinctement le scrotum, qui est enfoncé en partie dans un pli de la peau; le pénis, qui montre encore des traces de la division, et l'anus situé immédiatement derrière le pénis.

MATÉRIAUX

POUR SERVIR À L'HISTOIRE DES COMBINAISONS DU THALLIUM

PAR

J. W. GUNNING,
Professeur à l'Athénée Illustre d'Amsterdam.

(Extrait du Journal: Scheikundige bijdragen uit het Laboratorium van het Athenaeum Illustre te Amsterdam, I. p.)

Mon ami et ancien élève, M. Serrurier, directeur d'une fabrique de soude à Amsterdam, a eu la bonté de donner au laboratoire de notre Athénée les dépôts thallifères, récoltés dans cette fabrique. Une quantité assez considérable de ces matières a déjà été traitée, avec un produit d'environ 1 p. c. en chlorure de thallium brut, et si cette source continue à couler, j'espère être de temps en temps dans l'occasion de contribuer en quelque chose à étendre nos connaissances relativement à ce métal et à ses sels. Pour aujourd'hui, je me bornerai à quelques observations qui sont en relation directe avec le traitement de la matière première.

Les pyrites qu'on emploie dans la fabrique précitée proviennent des environs de Ruhrort. Les matières pulvérulentes se déposent dans un tuyau en fer qui met le fourneau en communication avec les chambres à acide sulfurique. L'acide nitrique est dégagé dans le fourneau même, par l'action à chaud de l'acide sulfurique sur le nitre sodique. Le dépôt thallifère est d'un gris brunâtre et pulvérulent, mais il attire bientôt l'humidité de l'air et tombe partiellement en déliquescence. Il se compose en grande partie d'acide arsénieux, mêlé avec une certaine quantité d'acide arsénique; il renferme en outre du fer et du plomb, mais tout au plus des traces d'acide sulfurique.

Pour retirer le thallium du dépôt des fabriques d'acide sulfu-

rique, on recommande ordinairement de faire bouillir la matière avec de l'acide sulfurique étendu, et de précipiter le métal, du liquide filtré, par l'acide chlorhydrique; après lavages, le chlorure est dissous dans l'acide sulfurique concentré, qui le transforme en sulfate, sel facilement cristallisable. Un autre précepte consiste à épuiser la masse par une solution de carbonate de soude, et à précipiter le métal dans la liqueur alcaline par le sulfhydrate d'ammoniaque.

Aucun de ces deux procédés ne m'a paru être d'un emploi bien avantageux avec la matière première sur laquelle j'opérais. Le sulfate et le carbonate de thallium sont loin d'être des sels facilement solubles, et en suivant les méthodes rappelées il faut prolonger presque sans fin l'ébullition avec les liquides dissolvants, si l'on ne veut sacrifier une bonne partie du métal.

En outre, le dépôt contient une partie du thallium à l'état de peroxyde, lequel ne se dissout pas dans la soude et se dissout mal dans l'acide sulfurique étendu. L'existence de $Tl^2 O^3$ dans le dépôt peut être mise en évidence de cette manière: après épuisement par la lessive sodique il reste une boue brune, qui, traitée par l'acide sulfureux, se décolore en partie et donne une proportion considérable de sulfate thalleux.

J'ai eu recours avec beaucoup de succès à l'acide phosphorique pour l'extraction du thallium. Les phosphates, et spécialement le phosphate acide, sont au nombre des sels de thallium les plus solubles (Lamy, *Ann. de Ch. et de Phys*; (4), V, 415). L'acide phosphorique, comme tel, étant toutefois d'un prix trop élevé, on se sert d'un mélange de cendre d'os, d'acide sulfurique et d'eau, mélange qui satisfait très bien. En continuant suffisamment l'action de la chaleur, j'ai pu obtenir, en une ou deux opérations, tout le thallium qui se trouvait sous forme soluble, et le liquide filtré a donné, par l'addition d'acide chlorhydrique, un précipité de chlorure de thallium qui s'élevait, comme il a déjà été dit, à environ 1 p. c. de la masse totale.

Le liquide séparé du chlorure le thallium par la filtration tenait toutefois encore en dissolution une quantité assez notable de thal-

lium, en partie par suite de la légère solubilité du chlorure de thallium, en partie sous la forme de sels thalliques, lesquels ne sont pas précipitables par l'acide chlorhydrique. Pour recueillir également cette portion restée en dissolution, on ajoute au liquide du sulfite de soude afin de changer le sel thallique en sel thalleux, on neutralise partiellement par le carbonate de soude, puis, au moyen de l'iodure de potassium, on précipite le thallium à l'état d'iodure jaune insoluble.

La méthode la meilleure et la plus expéditive pour préparer avec le chlorure de thallium brut les sels de thallium purs, consiste à le transformer en peroxyde, après l'avoir lavé avec de l'eau additionnée d'un peu d'acide chlorhydrique (l'eau pure dissout le chlorure en plus forte proportion que l'eau acidulée). Le procédé suivant mène rapidement au but.

A travers une dissolution de carbonate de soude, de force moyenne et placée dans une capsule de porcelaine, on fait passer un courant énergique de chlore, en même temps qu'on y délaie par portions successives le chlorure à décomposer; l'action commence immédiatement, et bientôt le chlorure est changé entièrement en peroxyde noir. Lorsque la quantité de chlorure de thallium à traiter est considérable, il faut renouveler de temps en temps la dissolution sodique, qui, naturellement, ne doit pas devenir acide. Si, l'opération achevée, le liquide est alcalin et renferme du chlore libre (hypochlorites), on peut être assuré que la décomposition est complète et qu'on n'a subi aucune perte.

Le peroxyde de thallium est lavé d'abord par décantation, puis sur un filtre. On le met alors en suspension dans une quantité d'eau qui ne soit pas trop grande, et par l'action d'un courant d'acide sulfureux on le dissout à l'état de sulfate de protoxyde de thallium. Ce sel cristallise le mieux quand on laisse évaporer la dissolution à la température ordinaire à l'air ou dans l'exsiccateur. De cette manière le sel est obtenu immédiatement à l'état de pureté.

Cette méthode vaut infiniment mieux que la décomposition du chlorure de thallium par l'acide sulfurique concentré, décomposition qui se fait très lentement et pendant laquelle on est incommodé par

l'acide chlorhydrique et les vapeurs d'acide sulfurique qui se dégagent.

Le chlorure de thallium brut renferme toujours de l'arsenic. M. le professeur Wöhler paraît admettre (*Annales d. Ch. und Pharm.*, CXLII, 263), que cela n'arrive que lorsque le liquide a été évaporé plus ou moins avant la précipitation, ce qui donnerait lieu à un dépôt d'acide arsénieux. Sans vouloir contester l'observation de M. Wöhler, je dois dire pourtant que, par le traitement de la matière première dont je disposais, j'ai toujours obtenu du chlorure de thallium arsénifère, même lorsque j'opérais la précipitation dans un liquide étendu et filtré. J'attribue ce fait à ce que le précipité entraîne mécaniquement de *l'arseniate de peroxyde de thallium*, de la même manière que nous voyons si fréquemment les précipités qui ont pris naissance dans des liquides chargés de Fe^2O^3 ou Al^2O^3 entraîner une portion de ces bases à l'état de phosphates ou d'arséniates (lorsque ces acides existent dans la dissolution).

La présence de l'acide arsénique dans la matière première explique pourquoi l'on trouve encore de l'arsenic dans le liquide résultant de la dissolution du chlorure de thallium brut dans l'acide sulfurique. On sait, en effet, que l'acide arsénieux, chauffé avec des chlorures et de l'acide sulfurique, se volatilise facilement sous forme de $AsCl^3$, mais qu'il n'en est pas de même pour l'acide arsénique.

La dissolution dans l'acide sulfurique, qui dans l'appareil de Marsh manifeste avec pleine évidence la réaction de l'arsenic, donne avec H^2S un précipité d'un beau rouge, se déposant facilement et rapidement en grands flocons, et présentant l'aspect du sulfure d'antimoine, bien que l'appareil de Marsh ne fasse découvrir aucune trace de ce dernier métal.

Quelques auteurs parlent d'un degré supérieur de sulfuration du thallium, coloré en rouge ou en brun, insoluble dans les acides étendus et doué de fort peu de stabilité. On peut en effet se convaincre de l'existence de ce sulfure de thallium en évaporant le sulfate de protoxyde, à l'état solide, avec un peu d'acide nitrique, ou en le dissolvant dans l'eau régale, ou en le faisant bouillir, à l'état de dissolution, avec de l'acide sulfurique et du peroxyde de plomb ou de manganèse; la disso-

lution du sulfate ainsi partiellement oxydé, traitée par un courant de H^2S, donne dans les premiers instants un précipité rouge brun, mais qui se redissout bientôt en même temps que du soufre se sépare; cela tient à ce que les sels de peroxyde de thallium sont réduits facilement par H^2S à l'état de sels de protoxyde. J'ai essayé de bien des manières de trouver des conditions dans lesquelles ce sulfure de thallium offrît une stabilité plus grande; mais ces tentatives n'ont pas eu plus de succès que celles d'autres chimistes.

Dans les *Ann. der Chem. und Pharm.*, CXXVIII, p. 249, M. Böttger fait mention d'un précipité sulfuré de thallium, rouge et insoluble dans les acides, qui est manifestement identique avec le mien. Il l'avait obtenu en précipitant à l'état bouillant, par de petites quantités d'hyposulfite de soude, l'infusion aqueuse de dépots pulvérulents thallifères. D'après le résultat de ses recherches, il considère ce précipité, d'un rouge de minium, comme un degré supérieur de sulfuration du thallium, mélangé avec du sulfure d'arsenic et du soufre libre, et il indique que la combinaison s'obtient à l'état de pureté en traitant un sel de peroxyde de thallium par une quantité insuffisante d'hyposulfite de soude.

Le peu de probabilité de cette dernière indication, qui n'est d'ailleurs appuyée par aucune analyse, saute de suite aux yeux quand on songe à l'extrême facilité avec laquelle les sels thalliques se transforment en sels thalleux, notamment par l'acide hyposulfureux. J'ai trouvé en effet que l'hyposulfite, ajouté en petite quantité à une dissolution acide de chlorure ou de sulfate thallique, n'y provoque aucune autre précipitation que celle du soufre. Mais ce qui rend tout à fait insoutenable l'opinion que la matière rouge obtenue par moi serait un degré supérieur de sulfuration du thallium, c'est que la dissolution du chlorure brut dans l'acide sulfurique donne encore exactement le même précipité rouge quand on la soumet à l'action de H^2S après l'avoir traitée préalablement par un excès d'acide sulfureux.

La manière dont le précipité en question se comporte en présence des bases fortes, qui le transforment aisément en sulfure de thallium noir, en dissolvant elles-mêmes du sulfure d'arsenic, que

l'addition d'un acide précipite sous forme de $As^2 S^3$ jaune, sans mélange de soufre et sans dégagement de $H^2 S$ (bien que l'un ou l'autre dût avoir lieu si l'on avait affaire à un degré de sulfuration supérieur à $As^2 S^3$ ou $Tl^2 S$); l'effet produit sur la matière par l'action de la chaleur, qui donne un sublimé formé en partie de $As^2 S^3$, en partie de $As^2 O^3$, tandis qu'il reste du sulfure de thallium noir et fondu; la considération que le même précipité peut être obtenu avec une dissolution soit acide soit alcaline d'un sel de protoxyde de thallium en y ajoutant un peu d'acide arsénieux avant de la faire traverser par $H^2 S$; le fait enfin que le précipité se produit également quand on verse dans une dissolution ammoniacale de $As^2 S^3$ une dissolution d'un sel de protoxyde de thallium additionnée d'ammoniaque; toutes ces circonstances rendaient plus que probable qu'on n'avait affaire ici qu'à un mélange de $As^2 S^3$ et $Tl^2 S$. L'analyse a élevé cette présomption au rang de certitude: la matière ne renferme pas autre chose que de l'arsenic, du thallium et du soufre, et ce dernier se trouve dans la proportion nécessaire pour former $Tl^2 S$ et $As^2 S^3$.

Les analyses, exécutées par mon préparateur, M. Adriaansz, furent faites d'après différentes méthodes. 1°. La matière pesée fut traitée dans un petit matras avec un peu de potasse en solution (exempte d'acide sulfurique), après quoi on y fit passer du chlore gazeux. Au bout de quelque temps la dissolution était complète; au moyen du carbonate de potasse (exempt d'acide sulfurique) on précipita le peroxyde de thallium, qui fut lavé, dissous dans l'acide sulfureux, évaporé, redissous, et transformé par l'iodure de potassium en iodure de thallium insoluble, forme sous laquelle le thallium fut pesé. Dans le liquide séparé de $Tl^2 O^3$ l'acide sulfurique fut déterminé de la manière ordinaire, $As^2 O^3$ sous forme d'arseniate magnésico-ammonique. Par ce procédé on trouva toujours trop peu d'arsenic. 2°. La même méthode fut suivie, à cela près que, pour éviter la perte d'arsenic, l'oxydation fut effectuée non par le chlore mais par l'iode, et l'iode en excès chassé par évaporation avec de l'alcool. En opérant ainsi, on reconnut qu'une partie du sulfure de thallium d'abord précipité par la potasse n'était pas oxydé,

de sorte qu'on obtenait trop peu de soufre. 3°. La matière fut oxydée par de l'acide nitrique ou de l'eau régale purs; le soufre qui s'était séparé fut pesé comme tel; dans le liquide, après addition d'un peu de potasse et évaporation de l'excès d'acide, le sel de peroxyde de thallium fut réduit par l'iodure de potassium, et l'iode mis en liberté chassé par évaporation avec de l'alcool; l'iodure de thallium fut séparé par filtration, et dans le liquide on détermina As et S comme il a été dit. Dans ce procédé M. Adriaansz éprouva de grandes difficultés à réduire complétement le sel de peroxyde de thallium, ce qui eut pour résultat que l'iodure de thallium ne fut pas obtenu avec la belle couleur jaune habituelle, mais toujours plus ou moins noirâtre. Il était aussi extrêmement difficile de débarrasser entièrement le soufre et le filtre, sur lequel il était rassemblé, d'une petite quantité de thallium qui y adhérait opiniâtrement.

D'après cela, les divers éléments ont été déterminés dans des portions différentes de la matière (mais toujours provenues, naturellement, d'une seule et même préparation).

La matière avait été séchée à 100°, après qu'on se fut assuré qu'elle ne cédait plus d'eau à une température supérieure. Dans cet état elle se présente comme une poudre très légère, qu'un souffle emporte et qui s'électrise par le frottement.

Voici les résultats obtenus, pour autant qu'ils peuvent servir à éclairer la composition de la substance. (Tl = 204)

	No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.	No. 5.	No. 6.
Soufre. . . .	18,82	19,56	21,27	26,75	18,14	24,66
Arsenic . . .	21,40	21,56	20,08			26
Thallium . .	60,57	57,07	58,65	41,52	67,33	46,27
	100,79	98,19	100,00			96,93

Les Nos. 1—3 étaient préparés en faisant passer $H^2 S$ par une dissolution d'acide arsénieux et d'un excès de sulfate de protoxyde de thallium, acidifiée par l'acide sulfurique. Les lavages doivent se faire avec de l'eau contenant $H^2 S$, l'eau pure passant légèrement colorée à travers le filtre.

N°. 4, préparé en mêlant une dissolution ammoniacale de $As^2 S^3$ avec un excès d'une dissolution ammoniacale de sulfate de protoxyde de thallium, puis acidifiant avec de l'acide sulfurique dilué.

N°. 5, préparé en précipitant une dissolution ammoniacale de $As^2 S^3$ par une dissolution ammoniacale de sulfate de protoxyde de thallium, la première employée en excès.

N°. 6, préparé comme le N°. 5, mais le mélange opéré dans un ordre inverse et le thallium employé en excès.

Les analyses sont entachées de quelques imperfections qui doivent être mises sur le compte de la difficulté de déterminer avec précision l'arsenic et surtout le thallium; il en ressort toutefois, qu'avec des dissolutions acides, qui renferment du thallium en excès, on obtient une combinaison qui se compose de quantités équivalentes de sulfure d'arsenic et de sulfure de thallium.

Pour la composition calculée de la combinaison $As^2 S^3, Tl^2 S$ on trouve en effet:

Soufre	18,7
Arsenic	21,9
Thallium	59,4

Les dissolutions ammoniacales ne donnent pas une combinaison de composition constante. Dans la prèparation, l'eau de lavage qui s'écoule du filtre est colorée, et l'ammoniaque décompose le précipité d'une maniere visible.

Lorsqu'on mène $H^2 S$ dans une dissolution qui contient $As^2 O^3$ et $Tl^2 S O^4$ en proportions équivalentes, on ne précipite, à côté d'un excès de $As^2 S^3$, qu'une petite partie du thallium sous forme de la combinaison en question. Augmente-t-on la quantité de $As^2 O^3$ par rapport à celle de $Tl^2 S O^4$, il n'en reste pas moins du thallium en dissolution; même un très grand excès d'arsenic n'est pas capable de faire précipiter tout le thallium. Néanmoins, tous ces précipités ont à peu près la même couleur rouge foncé.

Cette singulière manière de se comporter fit naître un instant la supposition que le sel de thallium n'était pas d'une composition homogène. Mais on reconnut bientôt, que la dissolution métallique, déjà traitée par $As^2 O^3$ et $H^2 S$, perdait de nouveau une partie

de son thallium lorsqu'on la soumettait une seconde fois au même traitement, et qu'il était possible de lui enlever le métal complétement à condition de réiterer l'opération un nombre suffisant de fois.

La matière rouge dont il s'agit ne me paraît pas pouvoir prendre place parmi les combinaisons systématisées. Je ne connais pas d'autre exemple d'un semblable mode de composition et de production. L'hypothèse qui me semble la plus admissible est que, outre le sulfure noir ordinaire, le thallium (comme le mercure et l'antimoine) en forme un second, de couleur rouge, mais de composition identique; et que cette modification, peut-être cristalline et par là plus capable de résister à l'action des acides, peut prendre naissance dans les conditions indiquées, et s'unir avec le sulfure d'arsenic en une combinaison moléculaire. Toutefois il reste alors à expliquer pourquoi le sulfure d'arsenic, qui par sa présence et sa tendance à s'unir au sulfure rouge de thallium provoque la formation de ce dernier, n'agit pas en proportion de sa quantité, mais ne peut jamais transformer en sulfure qu'une petite partie du thallium existant dans la dissolution.

Quoi qu'il en soit, l'histoire de ce corps rouge nous apprend que le thallium ne peut être séparé de l'arsenic au moyen de l'hydrogène sulfuré, ce qui a de l'importance, tant au point de vue de l'analyse quantitative, qu'à celui du traitement des dépôts pulvérulents des fabriques d'acide sulfurique. On remarquera en outre que la couleur jaune orangé que présente fréquemment le soufre extrait des pyrites, et qu'on attribue ordinairement au sélénium, peut aussi être l'indice de la présence du thallinm. Je rappellerai, à ce sujet, que M. Crookes a trouvé 0,29 p. c. de thallium dans du soufre brut retiré de pyrites d'Espagne. Il n'est pas fait mention toutefois de la couleur de ce soufre.

SUR LES ESPÈCES DU GROUPE NYCTICEBUS

(PARTIC. DU GENRE STENOPS Illiger)

PAR

J. VAN DER HOEVEN. [1]

M. Alphonse Milne Edwards a décrit dans le quatrième fascicule du Tome III des *Nouvelles Archives*, 1867, une nouvelle espèce de *Nycticebus*, dont la taille est un peu supérieure à celle du *Nycticebus tardigradus*, et dont le pelage doux et soyeux est d'un gris cendré très clair. La face et le front sont entièrement gris, et n'offrent aucune trace des bandes brunes qui sont si bien marquées chez l'espèce de Java. M. Milne Edwards nomme cette espèce *Nycticebus cinereus*, et il ajoute à son Mémoire une belle figure coloriée de l'animal et des figures qui ont rapport au crâne. Le *Nycticebus cinereus* vit à Siam et en Cochinchine.

On en a reçu au Muséum plusieurs individus tant morts que vivants, et les derniers ont vécu plus ou moins longtemps à la Ménagerie du Jardin des Plantes.

A l'occasion de cette nouvelle espèce, M. Alphonse Milne Edwards parle aussi des deux espèces qu'on connaissait déjà, le Nycticèbe de Java (*Nycticebus javanicus*) et le Nycticèbe paresseux (*Lemur tardigradus* L), et exprime quelques doutes sur la distinction de ces deux Lémuriens, qu'il croit plutôt des races que des espèces. Il me cite à ce sujet dans les termes suivants: „M. van der Hoeven, qui a étudié avec soin ces animaux, pense que le nombre des incisives supérieures peut fournir de bons caractères distinctifs; ainsi, d'après les observations du savant anatomiste hollandais le *Nycticebus tardigradus* aurait quatre incisives à la mâchoire supérieure, le *Nycticebus javanicus* n'en aurait que deux; chez ce dernier, les os nasaux seraient un peu plus longs que ceux de

[1]) Cette Note a été écrite par l'auteur presque à la veille de sa mort. M. van der Hoeven est décédé à Leyde le 11 Mars dernier. C'est une perte douloureuse pour la science Zoologique ainsi que pour la Rédaction des *Archives Néerlandaises*.

l'espèce de Bornéo. Ces caractères, auxquels on serait tenté d'attribuer une grande valeur, en ont beaucoup perdu à mes yeux depuis que j'ai vu des crânes de Nycticèbes de Java adultes, chez lesquels, d'un côté, il n'existait qu'une incisive, tandis qu'on en voyait deux du côté opposé. J'ajouterai que les os du nez sont généralement plus étroits chez les femelles que chez les mâles." l. l. *Bulletin* p. 10, 11.

Qu'il me soit permis de faire quelques observations à l'occasion de ces objections du savant auteur.

Premièrement, quant au nombre des incisives de la mâchoire supérieure, je suis pleinement du même avis que M. Milne Edwards. Originellement, le Nycticèbe de Java possède sans aucun doute quatre incisives supérieures, tout aussi bien que l'espèce qu'on a nommée *tardigradus*. Tout ce que j'ai voulu dire se rèduit à l'observation que les adultes de l'espèce de Java ne possèdent que deux incisives, vu qu'ils en ont perdu deux autres. J'ajouterai que, pour ma part, je n'ai jamais observé que cela fût arrivé à un exemplaire de l'autre espèce.

Quant aux os nasaux, j'ai parlé d'une longueur absolue, point du tout d'une longueur relative. C'est seulement dans ce dernier cas qu'il existerait, à mon avis, quelque force d'objection dans la remarque de M. Milne Edwards sur la différence sexuelle de ces os. Même dans ce cas-là, l'objection n'aurait quelque importance que s'il était prouvé que je n'eusse examiné que des exemplaires de l'un ou de l'autre sexe d'unè des deux espèces.

Il y a encore une particularité que je crois être de quelque valeur dans la question qui nous occupe. Chez le *Nycticebus tardigradus* les trois dernières molaires de la mâchoire supérieure possèdent un talon dirigé vers l'intérieur, caractère que n'offrent point les deux fausses molaires. Il m'a paru qu'un indice de ce talon existe à la seconde fausse molaire supérieure de l'espèce ou, si l'on veut, de la variété bien constante de l'île de Java.

P. 14, l. 6, en remontant, au lieu de: *n'est donc pas*, lisez: *n'est donc que.*
Id., l. 5, " " " " " *par la surface*, " *par la surface M.*

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

Sciences exactes et naturelles.

LES CONSTANTES DE LA RÉFLEXION

POUR

DIFFÉRENTES SUBSTANCES,

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

M. Jamin a étudié d'une manière très complète, dans quatre Mémoires successifs [1]), la nature de la lumière réfléchie à la surface des métaux, des matières transparentes et des liquides. Le résultat de ces recherches a été, d'abord une connaissance plus précise de l'état de polarisation elliptique dans lequel la lumière se trouve après sa réflexion sur les métaux, ensuite la découverte que toutes les matières, sans distinction, même sous l'angle de polarisation, réfléchissent de la lumière polarisée elliptiquement, et que par conséquent, à vrai dire, la polarisation dans un plan ne saurait être obtenue par voie de réflexion. Dans le troisième de ses Mémoires M. Jamin a décrit l'appareil à l'aide duquel les recherches de ce genre peuvent être exécutées sur toutes les surfaces spéculaires [2]), et dans le quatrième il a apporté quelques modi-

[1]) *Annales de Chimie*, 3e série, T. XIX, XXII, XXIX et XXXI.

[2]) Dans la figure qui accompagne cette description, T. XXIX, le compensateur de Babinet est mal placé; il aurait dû se trouver près de l'autre cercle vertical.

fications à cet appareil, dans le seul but de l'adapter aussi à l'examen des liquides, pour lesquels la surface réfléchissante doit prendre, naturellement, une position horizontale.

---

1. Indigo.

Déjà en 1845, M. Dale avait fait remarquer [1]) que l'indigo, qui prend par le poli un éclat métallique rougeâtre, a aussi en commun avec les métaux la propriété d'imprimer, d'une manière prononcée, la polarisation elliptique à la lumière réfléchie. Cette observation me suggéra l'idée, aussitôt que je me vis en possession de l'appareil de M. Jamin, de soumettre à une étude spéciale la lumière réfléchie par l'indigo, en exécutant les mesures par rapport à différents points du spectre, comme M. Jamin l'avait fait, dans son premier Mémoire, pour les métaux. Seulement je m'adressai pour cela aux raies de Fraunhofer, qui constituent dans le spectre des points parfaitement fixes, tandis que l'indication de la couleur, dont M. Jamin se contente habituellement, laisse toujours quelque incertitude et rend presque impossible tout contrôle ultérieur.

Ayant fait choix de deux fragments du meilleur indigo que je pus me procurer, je m'appliquai à leur donner le poli nécessaire par la friction sur du papier à lettres dit papier mécanique; après beaucoup de temps et de peines perdus, je réussis enfin à obtenir des surfaces suffisamment réfléchissantes, qui présentaient bien encore, çà et là, quelques petites stries, mais sans que ce défaut eût une influence fâcheuse pour l'objet que j'avais en vue.

Avec le fragment n°. II j'ai obtenu, comme moyenne de trois séries successives, les résultats suivants:

---

[1]) *Report of the British Association*, 1845, p. 5.

Azimut de polarisation de rayon incident $\omega = 80°$.

	I.	φ	k.
B	62° — 33′	43° — 36′	0,1679
C	60 — 43	45 — 39	0,1804
D	57 — 26	39 — 51	0,1472
E	57 — 15	29 — 06	0,0981
E^b	57 — 20	26 — 59	0,0898
F*	57 — 35	26 — 35	0,0882
F	57 — 55	24 — 36	0,0807
G	59 — 16	24 — 36	0,0807

La première colonne indique les points du spectre dont on a fait usage pour les observations; la seconde renferme, sous la désignation I empruntée à M. Jamin, les angles d'incidence principale, pour lesquels la différence de phase des rayons polarisés à angle droit atteint trois quarts de la circonférence; la troisième colonne donne, sous la lettre φ, l'azimut de polarisation dans le rayon réfléchi sous l'angle de la colonne précédente, et après que la différence de phase de 270° a été annulée par le compensateur; la quatrième colonne, enfin, contient le rapport entre l'amplitude de la lumière polarisée perpendiculairement au plan de réflexion et celle de la lumière polarisée dans ce plan, rapport représenté par k, comme chez M. Jamin, et obtenu en divisant simplement $tg.\ \varphi$ par $tg.\ \omega$.

Dans la première colonne j'ai désigné par E^b, à l'exemple de M. Jamin, la raie *b* de Fraunhofer; F* est un point que j'ai déterminé en prenant exactement, au compas, le milieu entre E et F dans le spectre reçu sur un écran.

Il résulte du tableau ci-dessus une différence remarquable entre l'indigo et les métaux par rapport à la marche des valeurs de I. En effet, tandis que pour les métaux ces valeurs diminuent d'une manière continue de B en G et H, et que pour les substances transparentes ces mêmes valeurs, coïncidant à peu près avec ce qu'on appelle l'angle de polarisation, doivent être regar-

dées comme augmentant depuis B jusqu'à H, nous voyons dans le cas actuel d'abord un décroissement puis un accroissement, le minimum paraissant situé aux environs de E. Cette déviation des conditions habituelles et connues, dont la possibilité avait déjà été signalée par M. Jamin [1]), était de nature à augmenter l'intérêt qui s'attachait à ces recherches, mais en même temps elle m'inspira une certaine défiance qui m'empêcha tout d'abord de publier mes résultats.

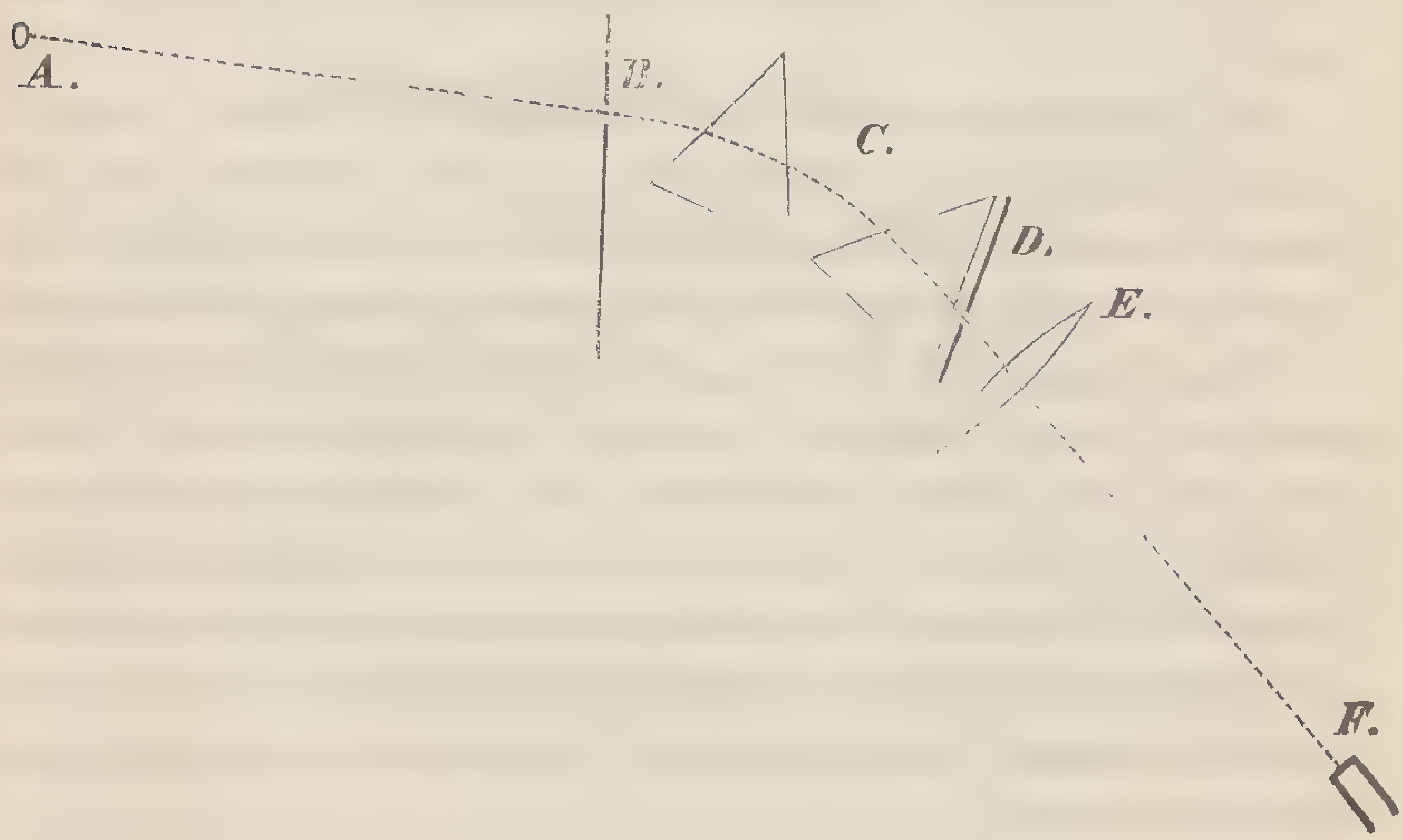
Dans mes premières expériences la lumière pénétrait dans la chambre à travers une fente étroite, et n'était brisée que par un seul prisme de flint-glass, à base équilatérale, construit par M. Chevalier; plus tard j'ajoutai un prisme isocèle de Munich, de sorte que la lumière était alors réfractée successivement par deux prismes. Malgré cela je n'étais pas encore entièrement tranquillisé au sujet de la pureté du spectre; j'avais d'ailleurs, sous ce rapport, un moyen d'appréciation d'une sensibilité extrême, non-seulement dans la netteté et surtout dans la non-coloration des franges qui devaient servir, suivant la méthode de M. Jamin, à déterminer pour les différentes demi-longueurs d'onde les valeurs du compensateur de Babinet, mais aussi dans ces valeurs elles-mêmes, lesquelles devaient, en cas de pureté suffisante, se trouver presque exactement proportionnelles aux longueurs d'onde dans l'air telles qu'elles ont été données par Fraunhofer. Les résultats que j'obtins de ces premières expériences sur les deux fragments d'indigo affectaient pourtant la même marche que ceux qui ont été rapportés plus haut et qui sont dûs à des observations ultérieures; tandis que la détermination des valeurs de I, que j'exécutai, en manière de comparaison, sur les morceaux de cuivre rouge et d'acier qui sont fournis avec l'appareil, donna des résultats s'accordant assez bien, pour autant qu'on en pouvait juger, avec ceux de M. Jamin (T. XXII).

Quelque temps après, je reçus de M. Merz de Munich deux prismes de flint-glass de plus grande dimension que le précédent, à

[1]) *Annales de Chimie*, 3e Série. T. XXII, p. 317.

base isocèle et à angle réfringent de 45°; muni de ces nouveaux appareils je me décidai à reprendre encore une fois le sujet.

A l'aide du compensateur, j'avais reconnu que la visibilité des raies principales de Fraunhofer ne constituait pas une garantie suffisante de la pureté du spectre. Pour augmenter celle-ci autant que possible, je disposai les choses de cette manière :



A est une lentille cylindrique de court foyer, que j'avais achetée dans le temps chez M. Berthaud, à Paris; B est un petit écran en bois, avec une fente verticale d'environ 4 millimètres; C sont les deux prismes de Munich; D est un petit écran pourvu d'une fente à peu près égale à celle de B et placé tout contre le second prisme (c'est simplement un morceau de carton noirci, suspendu au prisme au moyen d'un bord replié), E est l'objectif achromatique d'un chercheur de comètes de Munich; F est le polariseur de l'appareil de M. Jamin. La lumière solaire, après réflexion, traverse la lentille A, au foyer de laquelle elle se concentre en une ligne déliée; ensuite elle tombe, à travers la fente de l'écran B, sur les prismes. La lentille E est éloignée du point A d'environ le double de sa distance focale; les prismes sont placés, naturellement, au minimum de déviation; au moyen

d'un petit déplacement de l'écran B, il est facile de retrancher, à l'extrémité rouge ou violette, une portion plus ou moins grande du spectre. Celui-çi est reçu dans le polariseur F, qu'on dispose de telle sorte que la raie de Fraunhofer, à laquelle se rapporte l'observation à faire, tombe sur le milieu de l'ouverture de F, et qu'elle soit vue aussi distinctement que possible, tant en ce point qu'à la face antérieure du compensateur près de l'autre cercle vertical.

Les appareils ainsi combinés, je me remis à l'œuvre, en supprimant, à l'aide de l'écran B, une partie du côté rouge du spectre lorsque j'observais dans le bleu ou dans le violet, et vice-versa une partie du côté violet quand j'opérais dans le rouge ou dans l'orangé. Le signe auquel je reconnaissais que le spectre avait une pureté suffisante consistait, comme je l'ai dit: d'une part, dans la netteté et l'absence de coloration des franges à droite et à gauche du zéro du compensateur, franges dont j'avais à mesurer les distances mutuelles pour exprimer les valeurs des demi-longueurs d'onde en parties du compensateur; d'autre part, dans les valeurs elles-mêmes ainsi obtenues pour les différentes longueurs d'onde.

En faisant ces déterminations j'avais soin d'annoter approximativement (voir la colonne d'observations du tableau suivant) l'étendue de la partie du spectre que j'avais retranchée à droite ou à gauche pour obtenir le degré de pureté voulu; ces annotations me mettaient à même de reproduire ultérieurement, avec plus de facilité, un spectre analogue. J'avais déjà pu constater, dans mes déterminations antérieures, que la vis micrométrique du compensateur ne permettait pas de faire avancer suffisamment vers la gauche le prisme de quartz mobile, pour qu'il fut possible d'obtenir, pour la raie B, aussi une mesure à gauche du point zéro; je remédiai à ce défaut en tendant un troisième fil vertical dans le compensateur, ce qui, pour ce cas particulier, déplaçait le zéro d'environ 5 millimètres vers la gauche. Les résultats obtenus furent les suivants; chacun d'eux est la moyenne de six mesures effectuées à droite et à gauche du zéro.

	A	λ	$\frac{A}{\lambda}$	Ex. μ	Or. μ	Diff.	B	
B	16,31	0,6878	23,72	1,5499	1,5409	0,0090	21,35	Spectre conservé jusqu'à $\frac{1}{3}$ (de la distance de F à G) au-delà de F.
C	15,58	0,6564	23,74	1,5508	1,5418	90	21,38	Idem.
D	14,10	0,5888	23,95	1,5533	1,5442	91	21,79	Spectre jusqu'à $\frac{1}{3}$ (de F — G) au-delà de G.
E	12,57	0,5260	23,88	1,5563	1,5471	92	21,97	Spectre non raccourci.
E*b*	12,40	......	......	.....	......	......	......	Idem.
F*	11,96	......	......	......	......	......	......	Spectre jusqu'à $\frac{1}{3}$ (de F — G) au-delà de G, et jusqu'au rouge.
F	11,56	0,4843	23,87	1,5589	1,5496	93	22,20	Spectre jusqu'à $\frac{2}{3}$ (de F — G) au-delà de G, et jusqu'au rouge.
G	10,21	0,4291	23,77	1,5636	1,5542	94	22,34	Idem.

La colonne A donne les valeurs trouvées sur le compensateur; λ les longueurs d'onde dans l'air, suivant Fraunhofer, exprimées en millièmes du millimètre; A/λ le quotient des grandeurs de la première colonne par celles de la seconde; les deux colonnes suivantes donnent les coefficients de réfraction des rayons extraordinaire et ordinaire pour le quartz, d'après M. Rudberg, valeurs qui ont été jugées exactes entre autres par M. Ponton [1]); la colonne qui vient après contient les différences de ces valeurs; enfin la derrière colonne, B, renferme les produits des quantités A/λ par le centuple de ces différences.

Les nombres de la dernière colonne devraient être parfaitement égaux entre eux; au lieu de cela, on voit qu'ils vont régulière-

[1]) *Phil. Magazine*, 4e Série, T. XIX, p. 264.

ment en augmentant. J'ai cru pourtant pouvoir m'en contenter, surtout parce que je ne voyais aucun moyen d'obtenir un plus grand degré de pureté tout en conservant à la lumière l'intensité nécessaire. On devra toujours s'attendre, sur toute l'étendue du spectre, à un certain défaut de netteté, parce que dans ces expériences on n'observe pas avec la lumière parallèle, mais invariablement avec de la lumière convergente ou divergente; en outre, il y aura toujours de la lumière blanche diffuse distribuée sur tout le spectre et principalement aux extrémités: d'une part, parce que le verre n'est pas absolument transparent mais diffuse toujours un peu de lumière surtout à l'entrée et à la sortie, et parce que les bords des écrans employés contribuent aussi à la diffusion; d'autre part, bien qu'à un moindre degré, parce que les images de la fente se superposent dans les différentes couleurs. Je reconnais donc que je n'ai pas réalisé pour les diverses couleurs la condition de *pureté* absolue, mais cela n'infirme pas l'exactitude de mes résultats, vu que, par la méthode suivie, les erreurs restées dans les valeurs correspondant aux différentes longueurs d'onde ont été élimininées, et que la coloration restée dans les franges noires secondaires n'avait pas assez d'intensité pour dominer la couleur qu'on voulait observer; en d'autres termes, je regarde comme suffisantes la netteté et la non-coloration des franges dans le compensateur. L'expérience acquise dans ce travail a d'ailleurs servi à me convaincre que dans toutes les recherches analogues, où l'on a besoin d'un spectre aussi pur que possible, il ne faut pas se faire trop d'illusion sur la pureté réellement obtenue; en outre, j'ai appris à connaître dans le compensateur de Babinet combiné avec deux prismes de Nicol un excellent moyen de juger du degré de pureté et d'homogénéité des couleurs.

Avec les valeurs trouvées, par le procédé qui vient d'être décrit, pour les demi-longueurs d'onde, j'ai repris les mesures sur l'indigo, et c'est le résultat de ces nouvelles recherches qui a été donné plus haut (p. 99). Dans ces mesures, le compensateur était d'abord déplacé de la valeur d'un quart d'ondulation

à gauche ou à droite du zéro; ensuite on l'écartait, avec l'analyseur et l'indigo réfléchissant, de la direction de la lumière incidente, en le faisant tourner autour du centre du cercle horizontal, à gauche ou à droite, jusqu'à ce que la frange noire produite par le nicol analyseur vînt se placer dans la lumière réfléchie entre les deux fils verticaux. Dans cette position, l'angle compris entre les directions du nicol polariseur et du nicol analyseur était le double de l'angle d'incidence principale. En effectuant les mesures à droite et à gauche du zéro du cercle horizontal, en tournant le polariseur à droite et à gauche du zéro sur l'azimut de 80°, en opérant la lecture du nicol analyseur à droite et à gauche du zéro, en mettant enfin le compensateur de Babinet sur un quart d'ondulation à droite et à gauche du zéro, je me rendais indépendant de la situation réelle des différents zéros, et en outre j'éliminais l'erreur de la valeur de la longueur d'onde en parties du compensateur. De cette manière chaque mesure est le résultat de seize lectures; de plus, toute erreur commise dans la lecture de l'angle d'incidence principale est immédiatement réduite à la moitié, l'angle observé étant toujours le double de l'angle cherché. Enfin, chacun des nombres de la page 99 est encore la moyenne de trois mesures pareilles. Il n'y a qu'une seule faute qui ne se laisse pas compenser : c'est celle qui résulte d'un défaut d'horizontalité du plan de réflexion ou du cercle, et à raison de laquelle les angles de la page 99 peuvent être un peu trop petits; mais cette faute pèsera sur tous ces angles d'une manière égale. L'appareil de M. Jamin, tel que j'ai appris à le connaître dans le cours de ces recherches, m'a paru susceptible de perfectionnement sous le rapport de la précision. Toutefois, si l'on tient compte des nombreuses incertitudes que laisse subsister le règlement des différentes pièces, surtout en ce qui concerne l'azimut, on devra reconnaître que l'appareil est approprié à la marche de la recherche à laquelle il est destiné, et que son degré de précision est suffisant dans l'état actuel de la science.

Afin de ne rien laisser perdre des résultats de mon travail, je déposerai également ici, comme termes de comparaison, ceux

de ces résultats qui ont une exactitude moindre. Ils ont aussi été affranchis, par le moyen exposé ci-dessus, des erreurs des zéros; chacun d'eux repose sur une seule mesure, mesure déduite de huit ou de seize lectures; les valeurs A obtenues pour λ sont les moyennes de six mesures effectuées à gauche et à droite du zéro du compensateur.

Avec le prisme équilatéral de Chevalier.

Azimut du polariseur $\omega = 80$.

	A	INDIGO I.		INDIGO II.	
		I	φ	I	φ
B	16,26	60° — 42′	40° — 55′	62° — 46′	39° — 45′
C	15,67	59 — 36	45 — 00	62 — 25	42 — 52
D	14,10	57 — 17	36 — 21	57 — 39	39 — 17
E	12,51	56 — 37	26 — 50	57 — 42	27 — 16
F	11,60	57 — 45	22 — 51	57 - 28	23 — 15
G	10,60	57 — 56	21 — 09	58 — 50	19 — 17

Avec le prisme de Chevalier *et le premier prisme de* Munich.

	A	INDIGO II. I	AZIM. POL. 80°. φ	ACIER. I	AZIM. POL. 70°. φ
B	16,08	62° — 14′	40° — 24′	76° — 40′	56° — 24′
C	15,72	61 — 16	43 — 31	77 — 05	56 — 21
D	14,10	57 — 33	40 — 06	76 — 46	56 — 21
E	12.52	57 — 27	26 — 14	76 — 00	56 — 57
F	11,64	57 — 54	21 — 17	75 — 19	58 — 20
G	10,68	58 — 55	18 — 22	74 — 37	57 — 51

Avec le prisme de Chevalier *et le premier prisme de* Munich.

		CUIVRE ROUGE. AZIM. POL. 80°	
	A	I	φ
B	16,08	68°— 05′	71°— 09′
C	15,72	68 — 17	72 — 19
D	14,10	66 — 46	72 — 32
E	12,52	65 — 03	68 — 37
F	11,70	64 — 59	68 — 38
G	10,34	63 — 53	65 — 02

Les valeurs de A se trouvent répétées dans ce dernier tableau, à cause d'un léger écart qu'elles présentent pour F et G et qui provient d'une erreur commise en réglant le compensateur.

Dans mes expériences la lentille cylindrique recevait la lumière solaire réfléchie par un miroir argenté à sa surface postérieure, et qu'à l'exemple de Fraunhofer je me bornais à déplacer de temps en temps à la main pour maintenir la lumière sur les prismes. L'argent est, d'après les expériences de M. Jamin, le métal qui réfléchit le plus de lumière, et qui doit être préféré, par conséquent, à tous les autres. Le déplacement continuel du miroir à la main peut sembler pénible, et souvent, en effet, il est gênant; mais, par l'emploi d'une lentille cylindrique au lieu d'une fente étroite, la peine est réduite de moitié: il suffit alors de manœuvrer fréquemment un seul des boutons, celui qui fait tourner le miroir autour de l'axe transversal; le second mouvement, celui de rotation autour de l'axe normal à la fenêtre, n'a besoin d'être répété qu'à de longs intervalles.

Au sujet de la nature de la polarisation elliptique que l'indigo communique à la lumière, je dois encore mentionner que cette matière appartient, tout comme les métaux et les corps fortement réfringents, aux substances *positives* de M. Jamin, aussi bien pour les rayons rouges que pour les rayons jaunes et bleus.

2. Hématite rouge.

Il n'était nullement probable que la marche particulière des angles d'incidence principale, telle qu'elle avait été mise au jour par l'indigo, fût un fait isolé. D'autres substances méritaient d'être examinées sous ce rapport, spécialement celles dont il est question dans le Mémoire déja cité de M. Dale et dans le Mémoire de M. Haidinger: *Ueber die Körper- und Oberflächen-Farben* [1]), et qui partagent avec l'indigo la propriété de donner, à l'état de poudre et à la lumière diffuse, une couleur toute différente de celle qu'elles présentent en plaques polies et à la lumière réfléchie. Malheureusement, parmi ces substances il n'en est qu'un petit nombre qu'on peut obtenir en fragments assez grands et assez solides pour qu'il soit possible d'y pratiquer une petite face polie.

La première dont je me suis occupé est l'hématite, oxyde de fer presque pur, qui, sous forme pulvérulente, constitue une matière colorante rouge, tandis qu'à l'état poli il réfléchit une lumière d'un gris d'acier.

Voici les résultats qui ont été trouvés:

	A	Azimut de polarisation du rayon incident $\omega = 75°$.			Azimut de polarisation du rayon incident $\omega = 70°$.		
		Hématite rouge.			Acier.		
		I	φ	k	I	φ	k
B	16,31	66°— 57′	17°— 19′	0,0835	75°— 51′	55°— 13′	0,5240
C	15,58	67 — 06	19 — 16	0,0937	76 — 34	55 — 34	0,5309
D*	14,66	67 — 15	21 — 55	0,1078	76 — 19	55 — 45	0,5346
D	14,10	67 — 55	23 — 00	0,1137	75 — 58	55 — 42	0,5336
E	12,57	67 — 50	30 — 55	0,1568	75 — 28	56 — 34	0,5513
Eb	12,40	67 — 47	31 — 35	0,164J	75 — 20	56 — 29	0,5495
F*	11,96	67 — 39	33 — 35	0,1779	....	....	.....
F	11,56	67 — 37	34 — 37	0,1850	75 — 12	56 — 54	0,5583
G*	10,82	....	....	.....	74 — 34	57 — 24	0,5691
G	10,21	66 — 29	41 — 25	0,2364	74 — 22	57 — 44	0.5765

[1]) *Berichte der K.K. Akademie der Wissenschaften*, 1852, T. VIII, p. 97.

D* est un point du spectre que j'ai déterminé sur un écran, en prenant au compas le milieu entre les raies C et D de Fraunhofer.

La colonne A renferme les valeurs de la demi-longueur d'onde en parties du compensateur; ces valeurs ont déjà été toutes données page 103, sauf celle qui est relative à D*. Les nombres marqués pour I et φ sont la moyenne de deux séries de mesures, chaque mesure reposant sur seize lectures, ainsi qu'il a été expliqué à propos de l'indigo.

La marche des valeurs de I confirme entièrement la présomption qu'avaient fait naître les résultats obtenus pour l'indigo, savoir, que les substances dont la couleur diffuse offre un contraste notable avec la couleur qu'elles réfléchissent régulièrement après avoir été polies, devaient se comporter pour la lumière de cette couleur diffuse, et en ce qui concerne les valeurs de I, comme des matières *transparentes*. C'est pour cela qu'on voit ici les valeurs de I décroître depuis le jaune ou le vert jusqu'au rouge, tandis que pour l'indigo elles allaient en croissant vers l'extrémité bleue ou violette. Le maximum de I paraît être situé ici près de D ou de E.

J'ai encore à faire remarquer, relativement aux résultats rapportés ci-dessus, d'abord que le plan de réflexion était à peu près perpendiculaire aux fibres divergentes de l'hématite, ensuite que cette matière rentre, comme l'indigo, dans le groupe des substances *positives*.

Comme moyen de comparaison je donne une nouvelle détermination des valeurs de I et de φ pour le morceau d'acier dont il a déjà été question page 106. Les valeurs actuelles sont la moyenne de deux séries, dont chaque mesure résulte de seize lectures. G* est un point du spectre distingué par une raie obscure non dénommée, située vers le milieu entre F et G, mais plus près de G.

3. Réalgar, Platine et Soufre.

L'échantillon de sulfure d'arsenic dont je me suis servi était le fragment translucide et d'un rouge assez foncé que M. Duboscq avait joint à l'appareil de M. Jamin; le platine était un petit miroir assez terne, composé d'une lame mince de platine fixée bien à plat sur une lame de cuivre jaune, puis, à ce que je suppose, un peu repolie; les petits miroirs de soufre, enfin, avaient été préparés par moi-même, en versant du soufre fondu sur du verre à glace et le détachant, après refroidissement, à l'aide d'une lame de couteau, ce qui m'avait donné deux fragments d'assez grande dimension. Ces miroirs de soufre étaient certainement les moins parfaits de tous, car ils avaient une surface plus ou moins onduleuse; ils me parurent toutefois suffisants pour l'objet essentiel que j'avais en vue, savoir, la comparaison des différents points du spectre entre eux. Du reste, je dois dire qu'aucun des miroirs employés n'était de qualité supérieure. Le tableau suivant, dans lequel les différentes lettres ont la même signification que précédemment, résume les résultats obtenus:

	RÉALGAR.			PLATINE.			SOUFRE.					
	Azim. de polar. du rayon incident $\omega = 80°$.			Azim. de polar. du rayon incident $\omega = 60°$.			Azim. de polar. du rayon incident $\omega = 80°$.			Azim. de polar. du rayon incident $\omega = 80°$.		
	I	φ	k	I	φ	k	I	φ	k	I	φ	k
B	67°57′	19°42′	0,0631	74°13′	39°41′	0,4790	61°38′	26°21′	0,0873	61°24′	24°44′	0,0812
C	68 5	20 22	0,0655	73 58	39 37	0,4779	61 29	28 12	0,0945	61 23	26 31	0,0880
D*	68 17	20 4	0,0644	73 54	40 0	0,4845	61 27	28 55	0,0974	61 18	25 42	0,0849
D	68 30	22 18	0.0723	73 19	39 42	0,4793	61 27	28 51	0,0971	61 18	26 35	0,0882
E	69 26	25 3	0,0824	72 37	40 53	0,4998	61 31	29 23	0,0993	61 5	27 38	0,0923
E♭	69 28	26 52	0,0880	72 20	41 10	0,5048	61 27	30 30	0,1039	61 1	27 41	0,0925
F*	69 41	28 29	0,0957	72 7	41 26	0,5096	61 26	30 22	0,1033	61 11	28 45	0,0967
F	69 51	31 43	0,1090	71 46	41 21	0,5081	61 18	32 56	0,1142	60 49	27 42	0,0926
G*	70 26	37 24	0,1348	71 43	42 9	0.5226	61 21	32 36	0,1172	60 44	30 23	0,1034
G	70 45	40 43	0,1518	71 28	42 57	0,5347	61 3	34 8	0.1195	60 14	30 27	0,1036

Les résultats relatifs au platine ne diffèrent pas beaucoup de ceux qu'on a obtenus pour d'autres métaux. La marche des valeurs de φ s'accorde avec celle qu'on observe sur l'acier et l'argent; la couleur du platine devra donc aussi se rapprocher de celle de ces deux métaux. On ne doit pas s'étonner de voir les valeurs de I un peu petites en comparaison de celles d'autres métaux (V. les recherches de M. Jamin); le platine n'a certainement pas eu le degré de compacité et de poli de ces métaux, car il n'y a pas de doute qu'il a été obtenu sous forme de lame, non par fusion, mais par compression.

La lame de réalgar, vue par réflexion, a une couleur gris d'acier; la marche des valeurs de φ annonce une pareille coloration. La marche des valeurs de I confirme que la lame est translucide. M. Jamin donne pour le réalgar (*Annales de Chimie*, XXIX, p. 303) $I = 67° 26'$ et $k = 0{,}0850$; en admettant que ces valeurs se rapportent à D, elles témoignent d'un accord assez satisfaisant entre les observations de M. Jamin et les miennes.

Si l'on prend les tangentes des angles d'incidence principale pour les coefficients de réfraction, ou, mieux encore, si l'on calcule, comme M. Jamin, les valeurs de ces coefficients μ d'après les formules de Cauchy, on obtient:

par la première méthode de calcul,

$$\frac{\mu_G - \mu_B}{\mu_D - 1} = \frac{2{,}863 - 2{,}469}{2{,}539 - 1} = \frac{0{,}424}{1{,}539} = 0{,}276;$$

et par la seconde méthode,

$$\frac{\mu_G - \mu_B}{\mu_D - 1} = \frac{2{,}957 - 2{,}481}{2{,}556 - 1} = \frac{0{,}476}{1{,}556} = 0{,}306.$$

D'après l'un et l'autre calcul, nous pouvons donc nous attendre à trouver dans le réalgar un pouvoir dispersif encore plus grand que celui annoncé par MM. Dale et Gladstone [1]); d'un autre côté, l'accord qui se manifeste entre ces valeurs et celles que

[1]) Poggendorff's *Annalen*, CVIII, p. 633.

donnent les deux savants anglais, me semble de nature à augmenter la confiance que l'on pourra accorder à mes résultats.

Les nombres donnés pour le réalgar sont la moyenne de deux séries, obtenues, bien entendu, avec un seul et même miroir; il en est de même pour les résultats qui se rapportent au platine.

Pour le soufre on voit les valeurs de I diminuer depuis B jusqu'à G; ici encore, la signification de cette diminution n'est pas démentie par le fait, car les miroirs de soufre étaient, l'un et l'autre, opaques.

En prenant pour coefficient de réfraction du soufre la tangente de I pour le point D, on trouve $\mu = 1{,}838$; M. Pouillet, dont les données peuvent sans doute faire autorité, admet le nombre 2,040; entre ces deux valeurs il y a, comme on voit, une différence assez considérable. Si l'on considère, toutefois, que mes miroirs étaient loin d'être parfaits, mais avaient au contraire une surface légèrement ondulée; et si l'on tient compte surtout de ce qu'ils avaient fort probablement une densité trop faible à la surface, par suite du brusque contact de la masse fondue avec le verre froid, alors on trouvera suffisamment expliqués tous les écarts plus ou moins notables qui peuvent affecter les résultats, et on sera notamment tout disposé à négliger entièrement la petite anomalie — le maximum apparent — que la valeur de I présente en E.

La première des deux tables qui se rapportent au soufre donne la moyenne entre une série pour le premier miroir et une série pour le second. La seconde table est la moyenne entre deux séries pour chaque miroir; en adjoignant ces quatre séries aux deux séries primitives, j'avais espéré obtenir quelque nouvel éclaircissement, mais le résultat montre que l'exactitude n'a pas gagné beaucoup à cette adjonction.

Les deux morceaux de soufre ne différaient pas notablement quant aux résultats fournis; le premier donna des valeurs tant soit peu plus grandes que le second, aussi bien pour I que pour φ; si les écarts avaient été plus considérables je n'aurais pas combiné les résultats des deux échantillons. A la vue, le

premier me sembla être un peu plus blanchâtre que le second sur la face réfléchissante. A la rigueur, on peut supposer qu'à l'aide de l'un ou de l'autre artifice il serait possible d'obtenir une lame qui ne fût ni transparente ni opaque, c'est-à-dire pour laquelle toutes les valeurs de I, de B en G, fussent égales; une pareille lame ne devrait avoir aucune dispersion et, sous ce rapport, elle se comporterait comme l'espace vide. Le soufre, examiné à l'état de poudre ou sur une surface réfléchissante, ayant toujours la même couleur, le blanc jaunâtre, il n'y avait pas lieu de s'attendre à voir les valeurs de I affecter une marche particulière.

Dans les expériences relatives aux trois substances dont il vient d'être question, la surface réfléchissante était placée verticalement sur l'appareil à l'aide d'un fil d'argent verticalement tendu par un poids et éclairé par le soleil; préalablement, le cercle horizontal de l'instrument était mis de niveau à l'aide d'un niveau à boîte.

4. Crown-glass et Cinabre.

Le morceau de crown dont je me suis servi est celui qui se trouvait joint à l'appareil de M. Duboscq. Pour le cinabre j'ai dû le faire polir moi-même; mais, par suite de la structure cristalline du fragment, le miroir obtenu laissait beaucoup à désirer. Quant au bleu de Prusse, que j'avais également essayé de polir, je n'ai pu en tirer rien de bon. Voici les résultats auxquels ont conduit le crown et le cinabre: (Voyez table pag. 114).

Les valeurs de I et φ pour le crown ne montrent rien de très particulier; celles de I décroissent de B en G, comme c'est le cas pour toutes les matières transparentes. Le cinabre, qui à l'état poli est d'un gris d'acier, tandis que sa couleur de diffusion est le rouge, se range, comme je m'y étais attendu, auprès de l'hématite par le maximum qu'il présente, vers D et E, pour les valeurs de I. L'hypothèse à laquelle avaient donné lieu

	CROWN-GLASS. Azimut de polarisation du rayon incident $\omega = 84°$.			CINABRE. Azimut de polarisation du rayon incident $\omega = 80°$.		
	I	φ	k	I	φ	k
B	55°50′	17°24′	0,0329	69° 7′	37°45′	0,1365
C	55 53	14 47	0,0277	69 10	36 58	0,1327
D*	55 54	14 27	0,0271	69 16	38 6	0,1383
D	55 47	13 53	0,0260	69 35	39 51	0,1472
E	55 45	15 3	0,0283	69 33	44 4	0,1707
E♭	55 46	15 39	0,0294	69 20	45 4	0,1767
F*	55 47	14 18	0,0268	68 55	45 42	0,1807
F	55 50	15 36	0,0293	69 1	48 12	0,1972
G*	55 39	15 10	0,0285	69 3	50 38	0,2149
G	55 17	15 50	0,0298	69 15	53 24	0,2374

l'indigo et l'hématite se trouve donc confirmée jusqu'à présent.

Les résultats relatifs au crown-glass sont la moyenne de deux séries; ceux qui appartiennent au cinabre ont été déduits de trois séries différentes.

Si, en partant des valeurs de I et de k, et à l'aide des formules

$$tang\ 2r = \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1}\ tang\ 2i \qquad n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

et

$$E = \frac{1}{\sin^2 i\ tang\ (i + r)\ tang\ (i - r)}$$

on calcule, pour la raie D par exemple, l'indice de réfraction n et le coefficient d'ellipticité E, on trouve pour le verre $n = 1{,}4797$, ce qui ne s'éloigne pas beaucoup du résultat connu; E, au contraire, prend une valeur beaucoup plus grande que celle qu'il a chez M. Jamin, ce que je crois pouvoir attribuer à la lumière diffuse renvoyée par la face postérieure dépolie du verre et qui parvient dans l'analyseur. Pour le cinabre on obtient $n = 2{,}7661$ et $E = 0{,}1014$; la première de ces valeurs

n'est pas susceptible de vérification, puisque la matière est opaque; la seconde s'accorde assez bien avec ce qu'on pouvait attendre par analogie avec les métaux, etc.

Il y a déjà plusieurs années que ces recherches sur la réflexion ont été exécutées à Deventer et que j'en ai fait connaître les résultats, sauf pour le crown-glass et le cinabre, à l'Académie royale des sciences des Pays-Bas. Si, à cette époque, je ne les ai pas poursuivies, c'est, d'une part, que je n'étais qu'à moitié satisfait de l'exactitude des résultats, qui laissaient subsister des écarts trop grands pour une même couleur et un même miroir; d'autre part, que mon attention s'était portée vers les indices de réfraction des substances amorphes et isotropes, pour lesquels j'espérais atteindre, à l'aide du spectromètre de Meyerstein, un degré supérieur de précision. Les recherches intéressantes de M. Quincke sur ce même sujet sont postérieures aux miennes; ainsi l'on ne s'étonnera pas, de ne voir pas appliqués dans celles-ci les perfectionnements et les méthodes que ce savant à introduits. Dernièrement, toutefois, j'ai commandé chez M. Duboscq, pour le Musée Teyler, un appareil de M. Jamin pourvu des perfectionnements les plus récents; avec ce nouvel instrument, ou en faisant intervenir au besoin le spectromètre de Meyerstein, je compte reprendre un jour les recherches de polarisation elliptique et tâcher d'obtenir des résultats plus précis et plus concordants.

Harlem, 12 Mars 1868.

NOTICE

SUR L'HISTOIRE DES FAISCEAUX CHLOROPHYLLIQUES

DE LA

SPIROGYRA LINEATA,

PAR

M. **W. F. R. SURINGAR,**

Doct. ès sc., Professeur à l'Université de Leyde.

(Lu à la séance de l'Académie Royale des Sciences, du 26 Octobre 1867.)

Parmi les *Alques Japonaises* du Musée botanique de Leyde, que j'ai décrites dans la *Prolusio florae japonicae auct.* F. W. A. Miquel, et dans les *Annales Musei Bot. Lugd. Bat.*, se trouvait une espèce nouvelle de *Spirogyra*, très rapprochée de la *Spirogyra orthospira* Naegeli. Elle ressemble à cette espèce par les dimensions et la forme de ses cellules et par ses faisceaux chlorophylliques droits au lieu d'être courbés en spirale. Elle s'en distingue au contraire par sa couleur verte très-foncée, par une assez grande rigidité, et sur tout par ses stries incolores, longitudinales, tapissant la paroi des cellules adultes, et auxquelles j'ai emprunté la dénomination de *Spirogyra lineata.*

Cherchant l'explication de ces stries, je fus assez heureux de trouver, avec celle-ci, l'histoire du développement des faisceaux chlorophylliques, de laquelle la genèse des stries elles-mêmes dépend immédiatement. Les objets, qui étaient desséchés sur du

papier, furent lentement ramollis et reprirent leur forme naturelle à un tel point, qu'il fut possible d'y étudier les particularités de la structure et du développement plus complétement qu'on ne s'attendrait d'objets conservés de cette manière.

On sait que le filament des *Spirogyres* se compose d'une seule série de cellules toutes de même genre; qu'il augmente en longueur par deux causes simultanées; d'abord par un accroissement terminal, dû à l'accroissement de la cellule du sommet, laquelle se divise, chaque fois qu'elle atteint une certaine longueur, en deux cellules nouvelles; puis par l'accroissement de toutes les cellules, nées successivement de la cellule terminale et qui se divisent elles-mêmes à leur tour. Il en résulte que, poursuivant le filament en arrière, à commencer par la cellule terminale, on rencontre d'abord des cellules provenues d'une simple division de celle-ci, plus loin d'autres appartenant à une seconde, à une troisième génération, et, en général, des cellules dues à un accroissement d'autant plus prolongé et à une division d'autant plus répétée, qu'elles se trouvent plus éloignées du bout le plus jeune du filament. En suivant le filament en ce sens on rencontre donc, dans un ordre régulier, toutes les phases du développement que chaque partie, chaque élément du filament doit parcourir suivant son âge. La comparaison de ces phases successives donne l'histoire du développement commun à toutes.

Les phases successives, observées de cette manière dans un même filament de notre *Spirogyra*, sont les suivantes. Dans la cellule terminale, et de même dans quelques cellules venant après celle-ci, il n'y a ni stries ni faisceaux chlorophylliques droits. Il s'y trouve au contraire des faisceaux chlorophylliques de forme ordinaire, c'est-à-dire en spirale, au nombre de 5 environ, chacun à deux tours assez lâches (Pl. VI fig. 1). Dans quelques cellules plus éloignées du bout, ces faisceaux se trouvent être étendus au sens de la longueur des cellules, et bientôt après entièrement droits. En même temps (fig. 2) la chlorophylle commence à pâlir, pour disparaître complétement dans les cellules suivantes. Il ne reste que le plasme incolore des faisceaux, et

celui-ci se fend en filaments minces, qui, s'étendant sur la paroi des cellules, finissent par la couvrir uniformément, sans laisser aucune trace de la séparation primitive des faisceaux. Dès lors on ne rencontre dans le filament que des cellules striées. Ces stries, comme nous venons de le voir, sont formées par les restes filamenteux des faisceaux chlorophylliques résolus.

En suivant plus loin le filament, on rencontre bientôt des cellules où de la chlorophylle nouvelle s'est formée. D'abord, celle-ci se présente sous la forme de taches isolées d'un vert pâle (fig. 3), puis sous celle de faisceaux distincts et continus, possédant chacun une série de vessies chlorophylliques nettement dessinées (fig. 4). Ces faisceaux sont droits et longitudinaux. Un peu plus loin (fig. 5) ces faisceaux, d'abord simples, commencent à se ramifier; le nombre des vessies chlorophylliques augmentant considérablement, les rameaux eux-mêmes prennent la forme de guirlandes et finissent par produire l'apparence de faisceaux spiraux (fig. 6) ressemblant à ceux que nous avons observés dans les cellules du bout jeune du filament. Nous donnerons à ces faisceaux le nom de *spirales chlorophylliques secondaires* pour les distinguer des *primaires*, nées d'une manière toute différente et dont les restes continuent d'être visibles sous la forme de ces stries longitudinales, un peu affaiblies, il est vrai, à cette hauteur du filament.

Les spirales secondaires se trouvent étendues à leur tour en lignes droites et longitudinales dans les cellules plus éloignées. Elles sont réunies en trois faisceaux plus larges (fig. 7), qui ne trahissent une direction faiblement spirale que quand on les suit dans toute une série de cellules (fig. A. 7). Cette forme, qu'on trouve le plus généralement représentée dans une masse de notre *Spirogyra* portée sans aucun choix dans le champ du microscope, doit être considérée comme étant celle de l'état adulte. En poursuivant le filament plus loin encore et jusqu'à l'extrémité où, finalement, il se trouva être rompu, il ne se présenta plus de changements frappants comme ceux observés jusqu'ici. Seulement les stries affaiblies peu à peu se montrèrent de nou-

veau plus distinctes après un certain intervalle; de plus, entre les faisceaux chlorophylliques décrits en dernier lieu, recommencèrent à paraître des vessies jeunes et des ramifications en forme de guirlandes, analogues à celles qui avaient donné naissance aux faisceaux secondaires (fig. 8). On peut inférer de là que ces faisceaux chlorophylliques secondaires finissent par se résoudre en filaments incolores, comme les primaires, et que par ce procédé les stries affaiblies sont renouvelées, tandis que la chlorophylle elle-même est remplacée par de la chlorophylle nouvelle tertiaire. Mais il paraît, en même temps, que cette chlorophylle tertiaire naît avant que la secondaire soit entièrement résolue, en sorte que la transition de celle-ci à la chlorophylle tertiaire est beaucoup moins brusque que de la primaire à la secondaire. Par cette raison même, les particularités du phénomène sont ici plus difficiles à observer, au moins lorsqu'on en est réduit à l'examen d'objets desséchés et ramollis ensuite.

En résumant, nous avons constaté :

1° que les faisceaux chlorophylliques de la *Spirogyra lineata* ne sont pas droits dès leur origine, mais commencent par être spiraux [1]), pour être étendus plus tard en lignes droites longitudinales;

2° que les faisceaux primaires, en devenant droits, perdent bientôt leur chlorophylle, et que leur plasme est résolu en fibres incolores;

3° que ces fibres, étendues également sur la paroi interne des cellules, forment les stries longitudinales propres à cette espèce;

4° que la chlorophylle primaire résolue est remplacé par des faisceaux secondaires, et que ceux-ci, droits et longitudinaux au moment de leur naissance, puis ramifiés en forme de guirlandes et semblant affecter de cette manière la disposition spirale,

---

[1]) Ceci semble être encore vrai de la *Spirogyra orthospira* Naegeli, dont toutefois les objets desséchés n'ont repris leur forme naturelle que très incomplétement, et dont je dois abandonner l'étude à ceux qui ont l'occasion de la voir vivante.

sont réunis à la fin en trois faisceaux plus larges que les premiers, et étendus en ligne presque droite dans le sens de la longueur des cellules.

L'hypothèse que ce changement de forme et de direction soit dû à l'accroissement des cellules se présente tout d'abord à l'esprit. Les faisceaux, primitivement spiraux, subissent en quelque sorte une extension dans le sens même de l'accroissement; ou, ce qui est plus exact, le phénomène doit dépendre d'une relation, variable dans les différentes parties du filament, c'est-à-dire variable avec l'âge, entre l'accroissement de ces faisceaux et celui des cellules elles-mêmes. Tout comme à l'époque de la naissance des faisceaux primaires spiraux, de même à l'époque de la ramification des faisceaux secondaires en forme de guirlandes il est évident, par cette forme même, que l'accroissement en longueur des faisceaux surpasse celui des cellules. Plus tard leur rapprochement de la forme et de la direction de lignes droites longitudinales indique un accroissement diminué des faisceaux par rapport à celui des cellules, le nombre des tours de spire n'augmentant pas en proportion de leur extension successive sur une plus grande longueur du filament, et de leur répartition, par suite de la division des cellules, sur un plus grand nombre de celles-ci. Aussitôt que cet accroissement des faisceaux est égal à celui des cellules, le nombre des tours ne croît plus du tout. Ce nombre étant réduit à la moitié pour chaque cellule séparée à l'occasion de chaque division nouvelle, il doit en résulter, même sans autre cause, que les cellules bientôt ne contiennent plus qu'un seul tour de spirale, puis la moitié, la quatrième partie d'un tour, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la direction spirale soit devenue imperceptible sur la partie comprise dans chacune des cellules considérée isolément. Si l'accroissement des faisceaux contenus dans les cellules est surpassé par l'accroissement de celles-ci, il y aura en outre extension mécanique, à condition que les faisceaux adhèrent avec assez de force aux parois des cellules pour être forcés de s'étendre avec elles. Il n'est pas invraisemblable qu'une telle extension mécanique ait lieu, sur-

tout après la résolution des faisceaux en fibres incolores. Mais il faut prendre garde, en considérant ce phénomène, de ne pas se représenter les faisceaux comme étant attachés à leurs extrémités seules. Nous savons qu'à chaque division des cellules les cloisons nouvellement formées coupent en deux les faisceaux chlorophylliques, de manière à les séparer en autant de parties distinctes qu'il y a de cellules. Dans celles-ci, les points d'appui pour l'influence mécanique que l'accroissement des parois pourra exercer sur la forme et la direction des faisceaux chlorophylliques, doivent être cherchés moins aux extrémités que dans toute la surface par laquelle le contenu des cellules adhère à la paroi; adhérence peu forte, il est vrai, mais qui pourra aisément suffire à vaincre la force de tension, également faible, de ces parties molles et gélatineuses.

Explication de la planche VI.

A. Filaments de *Spirogyra lineata* Suringar; grossissement de 60 diamètres.

1 — 8. Portions d'un même filament de cette espèce, observées dans ce même ordre, à commencer par le bout jeune du filament, et représentant ainsi les phases différentes du développement. Grossissement de 215 diamètres.

1[a]. Cellule à faisceaux primaires, prise d'un autre filament.

8[a]. Phase correspondant à fig. 8 du premier filament, mais observée sur un autre objet.

MÉMOIRE

SUR LA

DÉTERMINATION DES INDICES DE RÉFRACTION

ET SUR LA

DISPERSION

DES MÉLANGES D'ACIDE SULFURIQUE ET D'EAU,

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

(Extrait des „Archives du Musée Teyler", Tome I, fasc. 2.)

Après avoir insisté sur la nécessité, dans l'état actuel de la physique, d'apporter à la détermination des constantes de la science un degré de précision comparable à celui dont l'astronomie nous donne l'exemple depuis le commencement de ce siècle, je passe à la description des instruments dont je me suis servi et je fais connaître en détail la construction du spectromètre de Meyerstein. J'aborde ensuite la méthode suivie dans mes mesures de réfraction.

Les indices de réfraction.

1. Tous les indices de réfraction ont été déterminés d'après la méthode de Newton, c'est-à-dire en ramenant toujours, pour chaque raie, la déflexion au minimum. Comme points du spectre à observer, je choisis en premier lieu les raies déjà dénommées par Fraunhofer, auxquelles j'en ajoutai deux autres que je désignai par $\overline{G}$ et $\overline{H}$; de cette manière j'obtins 12 points, ce que je jugeai être suffisant. Dans quelques cas seulement, l'une ou

l'autre raie additionnelle fut encore mesurée. Pendant les observations le thermomètre était consulté assidûment; après que le prisme avait été rempli et convenablement installé, on attendait régulièrement pendant assez longtemps pour que le liquide pût prendre une température uniforme, et se mettre, autant que possible, en équilibre avec le milieu ambiant. J'ai apporté tous mes soins à préserver les liquides de toute altération et de toute impureté; durant l'expérience, les deux ouvertures supérieures du prisme étaient recouvertes d'une lame de verre à glace, pour prévenir l'introduction des poussières, et pour empêcher que la composition des mélanges d'acide sulfurique et d'eau ne subît quelque modification par l'absorption de l'humidité atmosphérique.

Chaque série d'observations commençait par une détermination de la température du liquide; on mesurait alors 4 ou 6 raies, suivant les circonstances, après quoi le thermomètre était de nouveau plongé dans le liquide; on continuait ensuite de la même manière. — Ainsi, en procédant par exemple de la raie A jusqu'à H, ou vice-versa, une observation thermométrique au début et une autre à la fin, puis, entre deux, encore 1, 2 ou 3 déterminations de température, respectivement après 6, 4 ou 3 raies, selon que l'opportunité s'en faisait sentir, selon que la série avançait plus ou moins vite et que la température variait plus ou moins rapidement. Chaque fois que le thermomètre était consulté on notait en même temps l'indication de l'horloge, ce qui fournissait un élément précieux pour déterminer plus tard, par interpolation, la température probable de l'instant où chaque raie avait été observée. Lorsqu'il ne survenait aucun accident, aucun retard, une pareille série, de A vers H ou vice-versa, s'achevait en 20 à 30 minutes. Immédiatement après, je commençais à mesurer en sens inverse, c'est-à-dire de H vers A ou de A vers H; je retrouvais ainsi successivement les mêmes raies et j'obtenais en premier lieu, pour chacune, un utile contrôle. On prenait la moyenne des deux séries, et cette moyenne était considérée comme résultat final pour cette fois-là. Ce sont des moyennes de ce genre qui composent toutes les colonnes des tableaux que

j'ai dressés pour chaque liquide séparément [1]). Au commencement et à la fin de chacune des doubles séries, et souvent aussi à mi-chemin, la lunette était dirigée sur le collimateur ou la fente éclairée, pour vérifier le zéro ou le point de départ d'où étaient comptées les déviations.

En opérant comme je viens de le dire, une foule de variations de température ont dû nécessairement être éliminées: chaque série rétrograde ayant ses températures propres, tout comme la série progressive qui l'avait précédée, toutes les inégalités de température qui seraient résultées, pour les différentes raies, d'une ascension ou d'une dépression régulière pendant cette période entière, se sont trouvées naturellement compensées, puisqu'on prenait toujours la moyenne de ces deux températures de la même raie; et comme chaque résultat définitif pour une même raie est la moyenne de deux observations primitives, à peu près également éloignées de part et d'autre de l'instant précis du milieu de la double série entière, la conséquence a été que dans les tableaux presque toutes les raies ont obtenu la même température dans la même colonne.

2. Pour chaque mélange l'angle du prisme fut déterminé de nouveau, et on procédait à cette détermination pendant que le prisme était encore rempli du liquide sur lequel on venait de mesurer les déflexions minima. Cette détermination pouvait se faire de deux manières, en prenant pour objet appelé à donner une image réfléchie sur les deux plaques obturatrices du prisme, soit la fente éclairée du collimateur, soit les fils éclairés de l'oculaire. J'ai trouvé la première méthode la moins exacte, parce que les glaces obturatrices, surtout avec les défauts de parallélisme dont elles étaient affectées, donnaient lieu sur leur face postérieure à des images diffuses et accessoires de la fente vivement éclairée, images qui rendaient difficile la mesure exacte

---

[1]) On trouvera ces tableaux dans le Mémoire original (*Archives du Musée Teyler*, 2e fascicule du Tome I); le présent extrait ne reproduira que la table générale qui résume tous les résultats.

de l'angle. La seconde méthode me satisfit mieux, bien que là aussi j'observai de temps en temps de fausses images accessoires dues aux mêmes causes, et en outre, sans doute, au miroitement des deux faces de la glace parallèle contenue dans l'oculaire. La première méthode a été entièrement abandonnée dans les périodes postérieures de mes recherches.

3. Je crus pouvoir me contenter habituellement, pour un même liquide, de deux séries doubles complètes obtenues à des températures qui différaient un peu notablement. Mais, dans l'ignorance absolue où je me trouvais à l'égard des glaces obturatrices, il était nécessaire de faire une autre suite de déterminations, au moins aussi de deux de ces séries doubles, en mettant les obturateurs dans une position retournée. Pour rendre les résultats indépendants de la forme prismatique que les glaces pouvaient offrir, il fallait en effet, théoriquement, retourner chacun des obturateurs de 180° dans son plan, puis répéter les mêmes mesures avec le même liquide; ou, pratiquement, comme on le verra plus loin, il fallait au moins les tourner d'une quantité suffisante pour que la somme de leur actions sur la déviation d'un même rayon, de positive, devint négative. C'est pour cela que, dans le tableau A du mémoire original, on trouve les angles du prisme donnés pour sept positions différentes des plaques obturatrices, ce qui indique que dans le cours entier de mes observations ces plaques ont été tournées six fois dans leur plan, de 180° ou d'une quantité moindre. Je dois dire que je ne m'étais nullement attendu à trouver dans la forme de ces plaques, à faces soi-disant parallèles, une imperfection aussi grave que celle que l'observation y dévoila. Il résulte en effet, avec évidence, de mes observations, que ces plaques étaient des prismes dont l'angle s'élevait à plus de 4′. Heureusement que, dès la première série d'observations, l'idée me vint d'essayer de déterminer ces angles directement, ne fût-ce que d'une manière approchée. A cet effet, je plaçai le prisme vide, d'abord dans la position où soit le rayon incident soit le rayon émergent était perpendiculaire à l'un des obturateurs, que j'appellerai A, puis dans la position où l'un de ces

deux rayons était normal à l'autre plaque obturatrice, que je désignerai par B; les figures 4 et 5, planche VII, représentent ces dispositions. Je déterminai alors la déviation que ce rayon éprouvait par l'action combinée des deux verres; les résultats que j'obtins ainsi pour les différentes positions des obturateurs sont distingués par les lettres A et B; ces grandeurs sont données comme positives lorsque la déviation avait lieu dans le même sens que la déflexion, beaucoup plus considérable, imprimée au rayon lumineux par le prisme rempli de liquide. Il est à noter que je faisais des progrès à mesure que j'avançais, et que peu à peu j'appris à placer les verres obturateurs de telle façon que les angles A et B, c'est-à-dire les déviations exercées par ces verres sur le faisceau lumineux, devinssent de plus en plus petits. Si, dès le début de mes recherches, mon attention ne s'était pas fixée sur ce point, j'aurais pu hardiment rejeter toutes mes séries d'observations, car un des éléments de correction les plus nécessaires m'aurait fait défaut, et il ne pouvait guère être question d'une compensation convenable en présence du haut degré de précision que la graduation du cercle permettait d'atteindre.

4. Étant connus maintenant les angles de déviation minima pour les différents rayons, les angles du prisme, et en outre les éléments de correction relatifs à la forme prismatique des glaces obturatrices, toutes les données nécessaires pour procéder au calcul des indices de réfraction se trouvent réunies.

L'angle de mon prisme, ne s'élevant qu'à 34° 15′, était bien un peu faible; et si aujourd'hui j'avais à faire construire un prisme, je le choisirais à angle plus ouvert; mais n'ayant pas l'occasion d'obtenir immédiatement un nouvel appareil, je dus bien me contenter de celui que j'avais à ma disposition et avec lequel les recherches étaient déjà commencées.

La plus grande déviation pour la raie D de Fraunhofer atteignit 15° 50′. La différence de déflexion des rayons extrêmes du spectre, A et H, c'est-à-dire la valeur angulaire du spectre, s'éleva à environ 36′ ou un peu plus d'un demi-degré. Mes liqui-

des n'avaient donc qu'une faible dispersion; on voudra bien tenir compte de cette circonstance dans le jugement à porter sur la valeur et l'exactitude de mes observations.

Je vais montrer maintenant, en premier lieu, comment des valeurs A et B, dont il a été question tout à l'heure, se déduisent les angles qui devaient être attribués aux prismes aigus servant d'obturateurs, dans les différentes positions de ces prismes.

Les figures 4 et 5, planche VII, représentent la déviation qu'un rayon, tombant perpendiculairement sur une des faces latérales du prisme, subit en sortant par la seconde face latérale. Les figures se rapportent au cas où les angles des deux glaces prismatiques sont tournés du même côté que l'angle du prisme proprement dit.

Désignons par C et D les deux angles réfringents des petits prismes, par N l'angle du prisme liquide, et par n l'indice moyen de réfraction du verre; on reconnaîtra, en suivant simplement la marche des rayons lumineux à travers le verre, que les angles C et D se déduisent des valeurs A et B au moyen des formules :

$$\left.\begin{aligned} sin.\,(N+A) &= sin.\,N + [(n-1)\,C - D]\,cos.\,N + n\,D\,cos.\,N' \\ sin.\,(N+B) &= sin.\,N + [(n-1)\,D - C]\,cos.\,N + n\,D\,cos.\,N' \end{aligned}\right\}\,(I),$$

dans lesquelles $sin.\,N' = \dfrac{sin.\,N}{n}$, et qui donnent :

$$\left.\begin{aligned} A\,cos.\,N &= [(n-1)\,C - D]\,cos.\,N + n\,D\,cos.\,N' \\ B\,cos.\,N &= [(n-1)\,D - C]\,cos.\,N + n\,D\,cos.\,N' \end{aligned}\right\}\,(II)$$

parce que, A et B étant très petits, comme C et D, la seconde puissance et les puissances supérieures de ces quantités peuvent être négligées tout comme celles de C et de D, et les cosinus de ces arcs peuvent être supposés égaux à l'unité.

Les deux dernières formules prennent la forme définitive :

$$\left.\begin{aligned} A\,cos.\,N &= (n-1)\,cos.\,N.\;C + (n\,cos.\,N' - cos.\,N)\,D \\ B\,cos.\,N &= (n-1)\,cos.\,N.\;D + (n\,cos.\,N' - cos.\,N)\,C \end{aligned}\right\}\,(III).$$

En adoptant pour N et n les valeurs $N = 34° 15'$ et $n = 1{,}53$, on trouve :

$$\left.\begin{aligned} A\ cos.\ N &= 0{,}4401\ C + 0{,}5961\ D \\ B\ cos.\ N &= 0{,}5961\ C + 0{,}4401\ D \end{aligned}\right\}\ (IV).$$

Il est facile de passer de ces angles C et D à la grandeur de l'influence exercée par les petits prismes sur la déviation du rayon lumineux pour toute autre direction dans laquelle ce rayon traverse le prisme principal, et par conséquent aussi pour le minimum de déviation, cas où le rayon rencontre les deux prismes, intérieurement, sous le même angle $= \frac{1}{2}$ N.

Les différents rayons lumineux possédant des indices de réfraction différents, l'influence exercée par les petits prismes sur la déviation principale variera suivant la couleur de la lumière. Dans le calcul des angles de ces prismes d'après les déviations A et B, on pouvait négliger cette inégalité des indices de réfraction pour les divers rayons, parce qu'il ne s'agissait que d'acquérir une connaissance approchée de ces angles réfringents, et il était permis d'adopter comme indice de réfraction de la lumière l'indice du rayon le plus brillant, soit environ le rayon correspondant à la raie D. Le résultat obtenu pour l'angle réfringent doit être nécessairement unique, et il serait absurde de vouloir calculer cet angle d'après les indices de la lumière rouge ou bleue, puisqu'il ne saurait être question de dispersion du rayon transmis. Les fautes éventuelles qu'on était exposé à commettre ici ne pouvaient donner que des erreurs d'un ordre supérieur dans le résultat final des recherches ultérieures.

Mais il en est tout autrement lorsque, ayant reconnu une valeur déterminée aux angles des deux prismes, on procède au calcul des corrections qui en résultent. C'est précisément cette circonstance qui m'a arrêté si longtemps dans la recherche des vraies corrections à introduire : je n'avais pas remarqué d'abord qu'il fallait tenir compte des différents indices pour les différents rayons, ainsi qu'on le verra clairement dans un instant, quand je donnerai le calcul de la correction.

La figure 6, planche VII, représente par la ligne déliée m P Q Z n la route que devrait suivre le rayon lumineux, pour le minimum de déviation, si les obturateurs étaient à faces rigoureusement parallèles; la ligne plus épaisse M P Q Z N indique le chemin tel qu'il était parcouru effectivement par le rayon, par suite de la forme prismatique des obturateurs, c'est-à-dire tel qu'il était modifié par la déviation due à leur influence. Or, voici la voie très simple qui m'a conduit à établir la correction nécessaire pour obtenir des résultats exacts. De la valeur trouvée pour l'angle que forment les faces extérieures des obturateurs prismatiques, retranchons la somme des angles de ces deux prismes: nous aurons alors l'angle du prisme liquide proprement dit; d'autre part, de la déflexion observée retranchons la somme des angles mPM et nQN, c'est-à-dire la somme des accroissements dus aux deux petits prismes: nous obtiendrons ainsi la déviation exacte, telle qu'elle serait produite par le prisme liquide seul.

Reste à déterminer l'influence exercée par ces angles C et D sur la déflexion de la lumière, c'est-à-dire la somme des angles mPM et nQN. Si l'on néglige, comme précédemment, les puissances supérieures, à partir de la seconde, d'angles tels que C et D; si l'on adopte de nouveau pour l'angle réfringent du prisme $N = 34° \, 15'$; si l'on nomme r l'indice de réfraction du liquide pour la lumière d'une certaine longueur d'onde, n l'indice de réfraction du verre pour cette même lumière, enfin T la correction cherchée, celle-ci résultera de cette suite de formules:

$$\sin. \mathrm{F} = r \sin. \frac{1}{2} \mathrm{N},$$

$$\sin. \mathrm{F}' = \frac{r}{n} \sin. \frac{1}{2} \mathrm{N},$$

$$\mathrm{G} = (\mathrm{F}' + \mathrm{C}) \text{ et de même } \mathrm{H} = (\mathrm{F}' + \mathrm{D}),$$

$$\sin. \mathrm{K} = n \sin. \mathrm{G} = n \sin. (\mathrm{F}' + \mathrm{C}) \text{ et } \sin. \mathrm{L} = n \sin. \mathrm{H} = n \sin. (\mathrm{F}' + \mathrm{D}),$$

$$\sin. \mathrm{K} = n \sin. \mathrm{F}' \cos. \mathrm{C} + n \cos. \mathrm{F}' \sin. \mathrm{C}, \text{ et etc.}$$

$$= r \sin. \frac{1}{2} \mathrm{N} \cos. \mathrm{C} + n \cos. \mathrm{F}' \sin. \mathrm{C},$$

$$= sin.\, F\, cos.\, C + n\, cos.\, F'\, sin.\, C\,,$$

$$= sin.\, F\, cos.\, C + cos.\, F\, sin.\, C - cos.\, F\, sin.\, C + n\, cos.\, F'\, sin.\, C\,;$$

par conséquent :

$$sin.\, K = sin.\, (F + C) + n\, cos.\, F'\, sin.\, C - cos.\, F\, sin\, C\,,$$

ou :

$$sin.\, K - sin.\, (F + C) = n\, cos.\, F\ \ sin.\, C - cos.\, F\, sin\, C\,,$$

$$2\, sin.\frac{1}{2}(K-F-C) cos.\frac{1}{2}(K+F+C) = n\, cos.\, F'\, sin.\, C - cos.\, F\, sin\, C\,,$$

$$2\, sin.\frac{1}{2}(K-F-C) = \frac{n\, cos.\, F'\ sin.\, C}{cos.\, \frac{1}{2}(K+F+C)} - \frac{cos.\, F\, sin.\, C}{cos.\, \frac{1}{2}(K+F+C)}\,.$$

Mais l'angle m P M est précisément K — F — C. Prenant donc les petits arcs au lieu de leurs sinus, c'est-à-dire négligeant les puissances supérieures à la première; négligeant en outre de petits arcs par rapport à un arc beaucoup plus grand et posant, en conséquence, au lieu de $\frac{1}{2}$ (K + F + C) simplement F, on trouve :

$$K - F - C = m\, P\, M = \frac{n\, cos.\, F'.\, C}{cos.\, F.} - \frac{cos.\, F.\, C}{cos.\, F.} = \left(\frac{n\, cos.\, F'}{cos.\, F} - 1\right) C.$$

On aura de même : $sin.\, L - sin.\, (F + D) = n\ cos.\ F'\ sin.\ D - cos.\ F\ sin.\ D$, et $n\, Q\, N = L - F - D = \left(\frac{n\ cos.\ F'}{cos.\ F} - 1\right) D$;

par conséquent :

$$T = m\, P\, M + n\, Q\, N = \left(\frac{n\lambda\ cos.\ F'}{cos.\ F} - 1\right)\ (C + D)\,,$$

où $$sin.\, F' = \frac{r\lambda}{n\lambda}\, sin.\, \frac{1}{2}\, N \quad \text{et} \quad sin.\, F = r\lambda\, sin.\, \frac{1}{2}\, N\,,$$

et où il faut prendre pour $r\lambda$ et $n\lambda$ les valeurs qui se rapportent à la longueur spéciale d'onde λ. Comme on le voit, la correction est à la fois dépendante de l'indice de réfraction r du liquide et de l'indice n du verre, tous deux pour la lumière particulière considérée.

Prenant pour le verre les indices de réfraction donnés dans la seconde colonne de la table ZZ du Mémoire original, et exécutant le calcul pour les liquides à 0% et à 86%, qui sont les

liquides I et XV de la dernière table BB, on obtient pour les raies A, D et H les résultats suivants.

Pour le liquide I, c'est-à-dire pour l'eau, la valeur du coefficient de (C + D) dans l'expression T devient successivement, pour ces trois raies :

$$\frac{n\ cos.\ F'}{cos.\ F} - 1 = 0{,}6025, = 0{,}6079, = 0{,}6278;$$

de même pour le liquide XV :

$$\frac{n\ cos.\ F'}{cos.\ F} - 1 = 0{,}6153, = 0{,}6231, = 0{,}6427;$$

avec ces valeurs on trouve pour la correction $T = \left(\frac{n\ cos.\ F'}{cos.\ F} - 1\right)$ (C + D), appartenant à la première position A des obturateurs, dans laquelle C + D = 309″,4 :

	A	D	H
pour I	. . . . 186″,4	. . . . 188″,1	. . . . 194″,2
pour XV	. . . . 191″,0	. . . . 192″,8	. . . . 198″,8.

En comparant ces chiffres, on reconnaît que la variation de la correction est beaucoup plus grande, d'une extrémité du spectre à l'autre, que du liquide le plus faible au liquide le plus réfringent. En outre, pour un même liquide, j'ai toujours choisi deux positions des obturateurs telles que, C + D conservant à peu près la même grandeur, mais changeant de signe, la correction exigée par elle eût environ des valeurs égales, mais de signes contraires; d'après cela, si même l'exactitude de ces corrections laissait quelque chose à désirer, les petites erreurs se compenseraient assez bien dans le résultat moyen final, puisque le résultat correspondant à l'une des positions se trouverait au-dessus, et celui relatif à l'autre positions au-dessous de la moyenne véritable. — Mais on verrait autre chose si j'avais négligé la variation qui se manifeste dans la valeur de cette correction d'une extrémité du spectre à l'autre; il est vrai, les moyennes des indices de réfraction n'en seraient que peu influencées, mais les différences des indices de réfraction provenant de l'une et de l'autre position des verres croîtraient

ou décroîtraient régulièrement d'un bout du spectre à l'autre. C'est précisément une semblable augmentation ou diminution des différences qui m'a préoccupé pendant longtemps; elle me reprochait toujours d'avoir négligé l'une ou l'autre correction, jusqu'à ce qu'enfin je la vis disparaître presque entièrement, après que je me fus avisé d'introduire dans le coefficient de la correction, de la manière exposée plus haut, la variation de l'indice de réfraction.

En définitive, au lieu de l'angle de déflexion minima P, donné par les observations, il faudra donc prendre P — T, et au lieu de l'angle N du prisme, l'angle N — (C + D), si nous voulons avoir les grandeurs qui appartiennent en propre au prisme liquide.

Pour calculer l'indice de réfraction nous aurons alors :

$$n = \frac{\sin.\frac{1}{2}\Big(P - T + N - (C + D)\Big)}{\sin.\frac{1}{2}\Big(N - (C + D)\Big)}.$$

Tous les résultats de mon travail se trouvent résumés dans la table générale B B. La partie supérieure de cette table reproduit et rapproche, après les avoir réduits au besoin, isolément et chacun pour soi, à une même température, tous les résultats des colonnes N des tables particulières, c'est-à-dire les moyennes des valeurs de l'indice obtenues dans les deux positions inverses des glaces obturatrices du prisme. Au-dessous on trouve: en P, la somme des moyennes des colonnes I et K, colonnes qui renferment, pour chacune des deux positions inverses, les changements de température et les changements correspondants d'indice; en Q, la moyenne de la colonne L, colonne qui donne les différences de température et d'indice entre les moyennes relatives à l'une des positions et les moyennes relatives à la position inverse; en X en X′ les valeurs de la diminution de l'indice de réfraction pour *un* degré d'augmentation de la température, valeurs déduites de P et Q et exprimées, naturellement, en unités de la cinquième décimale. L'accord entre

X et X′ pour un même liquide permet d'asseoir un jugement sur l'exactitude de mes observations, et plus particulièrement sur la justesse de la correction que j'y ai apportée.

La table générale pour 18°,3 C, qui se trouve en bas, reproduit toutes les colonnes de la table précédente, ramenées à la température uniforme de 18°,3 à l'aide des valeurs de X trouvées pour les variations des indices corrélatives à celles de la température. Pour le liquide IV l'analogie m'a fait prendre comme coefficient de réduction le nombre 15, au lieu de 24,6 qui me paraissait trop élevé.

La densité et la richesse des mélanges.

6. L'eau distillée nécessaire pour mes expériences de réfraction a été renouvelée trois fois; on a contrôlé chaque fois sa pureté en s'assurant de l'absence du fer. Pour mes déterminations des densités j'ai prélevé, successivement sur chacune des trois quantités d'eau, un échantillon destiné à servir d'étalon des poids spécifiques. Afin de rester d'accord avec les tables de M. Bineau, dont il sera question tout à l'heure, j'ai définitivement pris pour unité la densité de l'eau à 0°, et non celle à 4° C. comme on fait habituellement. Du reste, la réduction d'une température à l'autre est facile, puisque, d'après les tables de Despretz, la densité de l'eau à 0° est à celle de l'eau à 4° dans le rapport de 0,999873 : 1,000000.

La petite balance dont j'ai fait usage, et qui possédait une sensibilité très suffisante, n'avait pas été construite originellement pour l'exécution de pesées hydrostatiques; mais je l'adaptai facilement à sa nouvelle destination à l'aide d'un petit plateau à tiges de suspension plus courtes et pourvu d'un petit crochet en dessous. Un large tube à réaction, coupé à la longueur convenable et fixé sur un petit pied, servit de vase pour recevoir les liquides à examiner. Comme corps destiné à l'immersion dans

les liquides, je choisis un simple tube cylindrique de verre, fermé aux deux extrémités, et d'un diamètre assez petit pour qu'il pût se déplacer librement dans le tube à réaction, sans être gêné, d'une manière sensible, par la capillarité ou plutôt par l'attraction des parois. Ce tube fermé avait, approximativement, un volume de 2,5 centimètres cubes, une longueur de 4 centimètres et un poids de 6 grammes. Une des extrémités avait été recourbée en crochet, à la lampe, et à ce crochet était attaché le fil délié de platine par l'intermédiaire duquel le tube se trouvait suspendu au crochet du plateau de la balance. A différentes reprises le crochet du tube se brisa, de sorte que, dans le cours des pesées, je fus obligé, jusqu'à trois ou quatre fois, de construire un nouveau cylindre pour remplacer celui qui était mis hors d'usage.

Chacun des cylindres fut pesé dans l'air, avec observation simultanée de la température et de la hauteur barométrique, et le poids trouvé fut corrigé de la perte due à l'air. Les cylindres furent ensuite soumis à des pesées répétées dans l'eau, et la température de l'eau ayant été notée chaque fois avec soin, on détermina, à l'aide des tables de Despretz, ce que le cylindre aurait perdu en poids à 4° C. Le volume du cylindre fut également réduit à cette température de 4° C., en supposant que pour chaque degré de chaleur le verre se dilate d'environ $\frac{1}{45000}$ de son volume, coefficient dont le verre du cylindre ne pouvait pas s'éloigner beaucoup.

7. Le cylindre fut plongé de même dans les divers mélanges liquides, et la perte de poids fut déterminée. Au moyen des températures observées on ramena le volume du cylindre à ce qu'il aurait été à 4° C, et on corrigea, en conséquence, la perte de poids trouvée. En divisant enfin la perte ainsi corrigée, par le poids que le cylindre devait perdre dans l'eau à 4° C, on obtenait la densité du liquide exprimée par rapport à celle de l'eau à 4° C. prise comme unité. Plus tard toutes ces densités furent réduites à celle de l'eau à 0°, comme unité, en les multipliant simplement par le rapport commun déjà cité $\frac{1.000000}{0,999873}$.

L'évaluation des poids a toujours été poussée jusqu'aux 5mes parties du milligramme, sans que je veuille affirmer pour cela que cette limite d'exactitude ait été partout atteinte. Pendant les pesées, la partie immergée du fil de platine n'avait pas toujours une longueur égale, mais il a été tenu compte de cette circonstance. Après avoir déterminé le poids d'une certaine longueur du fil, et calculé ensuite son diamètre ainsi que son volume par centimètre, on avait les éléments de correction nécessaires.

8. J'ai déterminé a plusieurs reprises, et pour des températures différentes, les densités des liquides pris directement dans les flacons qui me servaient à remplir le prisme. J'ai également déterminé la densité des petites quantités de liquide qui venaient d'être soumises aux observations de réfraction. Pour chaque série d'observations le prisme était rempli de nouveau, au moyen du flacon primitif; pour la détermination de la densité, je réunissais alors les portions qui avaient été employées pour les deux colonnes appartenant à une même position des verres obturateurs; dans quelques cas même, je versais ensemble les portions de liquide ayant servi aux quatre colonnes successives des tables de réfraction et je prenais la densité du mélange. J'étais bien obligé d'opérer ainsi, si je voulais avoir une quantité de liquide suffisante pour remplir convenablement mon tube à réaction, la capacité de ce tube étant beaucoup plus considérable que celle du prisme, qui ne contenait qu'environ 6 centimètres cubes. Il n'en résultait d'ailleurs aucun inconvénient, parce que la colonne N des tables de réfraction se rapporte naturellement au liquide de densité moyenne, tout comme elle est elle-même la moyenne des indices de réfraction de toutes les colonnes, et parce que j'avais bien soin d'effectuer les combinaisons de manière qu'il ne pût en sortir qu'une pareille densité moyenne.

Les liquides II, III, V, VI et VIII sont les seuls à l'égard desquels j'ai procédé d'une manière différente. Ces liquides appartiennent, comme X, à la première période de mon travail, alors que je ne m'étais pas encore avisé de toutes les précautions que j'appliquai plus tard; j'opérais alors sur de plus petites

quantités de liquide, ou plutôt avec une plus petite provision, et je reversais chaque fois du prisme dans le flacon les quantités qui avaient été employées. Plus tard, les expériences de réfraction relatives à ces liquides étant achevées, je déterminai la densité de chacun d'eux à diverses températures, et ce sont les densités ainsi trouvées qui figurent dans la table.

Le liquide IV était assez pauvre en acide sulfurique pour qu'il y eût lieu de penser que son titre resterait constant; je rejetai donc chaque fois la quantité qui avait servi dans le prisme, et je me contentai de prendre les densités de la provision restante de liquide contenue dans le flacon.

9. La table C renferme, dans la seconde colonne, les résultats que j'ai obtenus pour les densités; chacun de ces résultats est ordinairement déduit d'une moyenne de deux pesées. La première colonne donne les numéros des liquides. Les différentes températures n'ont pas été produites par échauffement ou refroidissement artificiel, mais elles ont été simplement le résultat de l'influence calorifique de l'atmosphère; aussi a-t-on mis fréquemment un intervalle de temps considérable entre les différentes déterminations, pour obtenir ainsi, par les variations de l'atmosphère, des variations plus prononcées de température des liquides.

Lorsque dans cette table C le numéro d'un liquide ne porte aucune lettre grecque en exposant, cela indique que la quantité qui a servi à la détermination du poids spécifique était extraite du flacon primitif contenant la provision de ce liquide; les lettres *a*, *b*, *c* placées à côté d'un pareil numéro se rapportent aux résultats obtenus successivement pour la densité du mélange, résultats rangés d'après l'ordre des températures, que cet ordre s'accorde d'ailleurs, ou non, avec celui de la succession chronologique. On a donc admis tacitement que pendant toute la durée de temps sur laquelle s'étendirent les pesées et les expériences de réfraction, les flacons d'approvisionnement restèrent clos assez hermétiquement pour que les titres des liquides demeurassent invariables; pour tous mes liquides, à l'exception des numéros V et VIII provenant de la première période, je crois pouvoir

admettre que cette condition fut en effet remplie, parce que, ayant conçu des doutes sur la fermeture exacte du flacon n°. VIII, j'eus recours dorénavant à la paraffine fondue ou aux bouchons de gutta-percha pour obtenir l'isolement parfait des liquides. Les résultats marqués spécialement, tels que XVI′ par exemple, sont les moyennes de tous les nombres relatifs aux flacons d'approvisionnement, et représentent, par conséquent, la densité moyenne des liquides de ces flacons.

Les numéros accompagnés de lettres grecques se rapportent aux portions de liquide qui avaient été utilisées pour les expériences de réfraction; ainsi XIII^{α}, par exemple, indique le poids spécifique de la quantité qui avait servi dans la première position des verres obturateurs, $XIII\beta$ celui de la quantité qui était provenue de la seconde position de ces verres, $XVIII\gamma$ celui de la quantité obtenue en réunissant les liquides employés dans les deux positions. XIII^{π} représente ici le résultat final : il provient de la combinaison des résultats partiels, XIII^{α} et $XIII\beta$, dont on a pris la moyenne $\frac{1}{2}$ $(XIII^{\alpha} + XIII\beta)$, ou bien il est en d'autres cas simplement la répétition d'un résultat tel que XVIII^{γ}. Les résultats marqués d'une manière analogue à XIII^{π} doivent donc être considérés partout comme indiquant la densité moyenne de la fraction de liquide dont on a fait usage pour les expériences optiques.

La troisiéme colonne de la table donne les moyennes comme XVI′ et XIII^{π} dont je viens de parler, avec quelques autres qui offrent plus ou moins d'intérêt. La colonne suivante donne les changements de densité qui correspondent à une variation de température de 1° C, changements déduits de la deuxième ou troisième colonne par un calcul approprié.

Pour le liquide XVIII on trouve dans le Mémoire original deux tables d'expériences de réfraction, distinguées par les signes XVIII^{1} et XVIII^{2}. Pour la première table, les poids spécifiques des portions de liquide employées, dans chacune des deux positions des verres obturateurs du prisme, ont été déterminés séparément; ces poids spécifiques sont indiqués dans la table C par

XVIII$^{1\alpha}$ et XVIII$^{1\beta}$, tandis que leur moyenne est désignée par XVIII$^{1\pi}$. Quant à la seconde table, toutes les fractions de liquide qui avaient servi à l'établir, ont été réunies; la densité de ce mélange figure dans la table C comme XVIII$^{2\gamma}$, et s'y trouve répétée simplement sous XVIII$^{2\pi}$.

Dans la troisième colonne de la table C on trouve donc nos dernières moyennes, telles que XVI', qui représentent la densité du liquide *primitif*, laquelle, pour les recherches de la première période, dut être adoptée aussi comme valeur définitive du poids spécifique de la portion de liquide *ayant servi* aux observations de réfraction. — Pour les liquides dont on a fait usage à une époque postérieure, on trouve plus bas dans cette colonne, derrière les chiffres, tels que XIV$^{\pi}$ par exemple, la densité des portions de liquide *ayant servi*. Pour ces observations postérieures on a donc, d'un côté les résultats du liquide *primitif*, c'est-à-dire la densité du liquide avant qu'il n'eût été versé dans le prisme; de l'autre côté les résultats du liquide *ayant servi*, c'est-à-dire la densité du liquide après qu'il avait été employé, dans le prisme, aux expériences de réfraction, et lorsqu'il se trouvait par conséquent affecté par toutes les causes d'altération, telles qu'absorption d'humidité atmosphérique etc., auxquelles il était resté exposé pendant la durée des observations. On verra à l'instant comment, de cette double suite de résultats, j'ai déduit, pour les divers liquides, les valeurs des richesses qui figurent dans les dernières colonnes.

La cinquième colonne de la table donne la densité que les liquides auraient eue à la température de 0°, densité déduite des résultats moyens dont il vient d'être question, à l'aide des dilatations, ou changements de poids spécifique, qui elles-mêmes se trouvent dans la colonne précédente. Les nombres inscrits dans cette cinquième colonne doivent donc être considérés comme les valeurs définitives à 0° C. qui résultent de toutes les pesées pour les liquides *primitifs* et pour les liquides *ayant servi*.

Au moyen de la table de M. Bineau [1]) relative à la température de 0°, et en faisant usage des deuxièmes différences, j'ai calculé le titre qui correspond, pour chaque liquide, à son poids spécifique. Je ne me suis servi que des données marquées d'un *, parce que celles-là seules sont présentées comme résultats directs de l'expérience; les autres, obtenues par le calcul, ont été négligées.

Ainsi s'est trouvée constituée la sixième colonne de la table C; elle montre que le titre des portions *ayant servi* est, en général, un peu plus pauvre que celui des liquides *primitifs*, ce qui indique que les mélanges se sont affaiblis dans le cours des observations. Pour le titre des trois liquides V, VI et VII qui appartiennent à la première période, et qui ont en outre une richesse assez notable, j'ai dû me contenter du résultat unique inscrit dans cette colonne. Pour les autres mélanges j'ai pris la moyenne des titres du liquide *primitif* et du liquide *ayant servi*, inscrite dans la septième colonne, et j'ai adopté ce résultat comme valeur du titre correspondant à la table de réfraction trouvée; il me semble que cette manière de procéder était rationnelle, puisque le nombre admis représentait très-probablement le titre que le liquide avait possédé, en moyenne, pendant les mesures de réfraction. Pour les liquides XVIII^1 et XVIII^2 j'ai pris séparément, de la même manière, les moyennes, et je les ai appliquées aux tables de réfraction de ces liquides; pour les indices de réfraction de XVIII^m, lesquels sont les résultats moyens des deux tables de réfraction précédentes, j'ai pris de rechef la moyenne des titres ainsi trouvés pour chacun des deux liquides séparément.

10. Ainsi que je l'ai déjà dit, le poids spécifique, et par suite le titre, de la portion de liquide *ayant servi* fut trouvé presque constamment inférieur à celui du liquide *primitif*: la différence était d'autant plus sensible qu'il s'agissait de liquides

[1]) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, T. XXIV p. 339. Voyez aussi T. XXVI p. 123.

plus concentrés. Il n'est pas précisément agréable de constater ce résultat, en ce sens qu'il indique que mes liquides ont pris de la vapeur d'eau à l'atmosphère pendant les mesures de réfraction, et que peut-être même ils ont encore été exposés à d'autres causes de dilution; c'est d'ailleurs un effet auquel il était permis de s'attendre. Mais, d'un autre côté, la circonstance que cet effet a été dévoilé par les nombres trouvés n'est pas dépourvue d'intérêt; elle plaide au moins en faveur de l'exactitude des pesées et de la confiance que mes résultats doivent inspirer.

Il y a dans la table C un point qui est resté obscur pour moi. Comment se fait-il que la variation de la densité avec la température, en d'autres mots la dilatation du liquide, à laquelle la quatrième colonne est consacrée, se montre si souvent en décroissance quand la température s'élève? Peut-être ai-je évalué trop bas ou négligé tout à fait l'une ou l'autre correction des pesées, mais il m'est impossible de deviner quelle pourrait être cette correction. Il se peut aussi que le décroissement ait un fondement réel dans la nature; faudrait-il voir ici de nouveau une déviation d'une loi établie sans preuves suffisantes et appliquée d'une manière trop absolue? Le coefficient de dilatation des mélanges d'acide sulfurique et d'eau diminuerait-il quand la température s'élève? La loi d'après laquelle ce coefficient croîtrait avec la température aurait-elle été étendue trop hâtivement aux liquides, et, fausse pour quelques-uns d'entre eux, serait-elle exacte pour les autres? Pour notre objet actuel les petits écarts dont il s'agit sont sans importance, puisqu'ils ne peuvent influer sur le degré d'exactitude dont nous avons besoin. Mais nous touchons ici à un point sur lequel ni moi ni personne ne pourrions faire de réponse en ce moment, et qui, étudié avec soin, fournirait peut-être des résultats amplement rémunérateurs, et mettrait au jour des faits remarquables.

11. Les écarts que çà et là, dans cette table, on remarque parmi les poids spécifiques, sont sans signification grave quand on les ramène aux écarts ou erreurs de pesées d'où ils proviennent. J'opérais sur de petites quantités, le volume du cylindre

immergé ne s'élevant qu'à 2,5 — 3 centimètres cubes. Les écarts des densités n'annoncent, il me semble, dans les pesées que des erreurs ne dépassant pas les milligrammes. Dans le résultat final des sixième et septième colonnes, il est plus que probable que les erreurs se compensent mutuellement. Dans les circonstances données, et avec les appareils dont je disposais, je ne crois pas qu'on pouvait exiger un degré supérieur d'exactitude.

Discussion.

12. La table B.B. renferme les résultats définitifs pour les indices de réfraction, avec les températures correspondantes et les titres des liquides. La table générale adjointe donne tous les indices réduits à la température de 18°,3 C; dans le calcul de cette table, comme j'ai dit, je ne me suis permis d'autre liberté que celle de prendre comme coefficient de réduction des indices pour le liquide IV, par analogie, le nombre 15 au lieu du nombre 24,6 qui me paraissait trop grand. Toute discussion relative aux rapports qui existent entre les indices de réfraction et les titres des mélanges devra être basée sur cette table finale.

On voit clairement dans la table générale que les raies A et a de Fraunhofer montrent dans leurs indices de réfraction, d'une proportion centésimale à l'autre, des irrégularités qui doivent être attribuées, purement et simplement, à des erreurs d'observation faciles à expliquer.

Demandons-nous maintenant quel rapport il y a entre l'indice de réfraction et le titre, et comment l'une de ces grandeurs dépend de l'autre. La relation générale qui se laisse déduire de la table est que l'indice de réfraction croît avec le titre, — ce qui était à prévoir, l'acide sulfurique réfractant la lumière plus fortement que l'eau, — et que le spectre s'étend à mesure que le titre atteint des valeurs plus élevées. Les résultats numériques

de la table sont représentés graphiquement planche VII, fig. 1. Les ordonnées, prenant origine avec la raie A de l'eau, ont d'abord été toutes diminuées de la quantité 1,32925; la valeur restante a été multipliée par 4, et exprimée en centimètres, etc. de sorte que 0,0001 dans l'indice se trouve représenté par 0,4 millim. Les abscisses ont été obtenues en multipliant le titre centésimal par 6 et considérant le produit comme exprimant des centimètres, etc.; de manière que 0%,1 est représenté dans les abscisses par 0,6 millim.

Il ressort pourtant immédiatement, tant de la table que du tracé graphique, qu'il y a pour les indices de réfraction et pour la largeur du spectre un maximum ne coïncidant pas avec le maximum de richesse; que le maximum de l'indice est situé entre 81%,41 et 85%,98, de sorte qu'il coïncide très probablement avec 84%,5, c'est-à-dire avec le deuxième hydrate $SO_3 + 2\,(HO)$, qui est susceptible de solidification et de cristallisation; que le maximum de la largeur du spectre, tout en tombant entre les mêmes limites, se rapproche probablement davantage de 81%,41.

Les erreurs des indices de *A* et *a* sont trop petites pour être visibles sur la planche; pour les faire apparaître distinctement il faudrait exécuter le tracé sur une échelle beaucoup plus grande.

13. On peut mener une courbe par les indices d'une même raie pour les liquides XII, XIII et XIV, une autre courbe par les indices de la même raie pour les liquides XV, XVI et XVII, puis déterminer le point d'intersection des deux lignes. Mais on n'aurait pas encore trouvé ainsi la position véritable du maximum; car il est possible et probable que la courbure de ces lignes varie, pour chacune d'elles, avec une vitesse différente. On pourrait intercaler un certain nombre de spectres entre XIV et XV; mais cela exigerait un travail énorme. Le liquide XV est déjà le résultat d'une tentative destinée à approcher davantage du deuxième hydrate; au moyen de mélanges successifs, pendant lesquels je déterminais continuellement le poids spécifique, j'avais préparé un liquide qui pût me conduire très près de ce deuxième hydrate; ce liquide avait été maintenu, à dessein, à une densité

un peu trop élevée, dans la prévision qu'il subirait, durant les observations, une dilution assez marquée pour le ramener à la composition du deuxième hydrate. Ainsi qu'on le voit par le nombre donné, 85%,93, cela n'a pas eu lieu; ma tentative a donc échoué, mais mon travail n'en a pas moins eu son utilité, puisque j'ai maintenant des observations pour quatre titres différents au-dessus du deuxième hydrate.

Si nous traçons la courbe passant par les indices des liquides XII, XIII et XIV, nous trouvons, en nommant p le titre :

$$\left.\begin{array}{l}\text{our la raie A, } n = 1{,}28227 + 0{,}0025393\,p - 0{,}000008827\,p^2 \\ \text{,, ,, ,, D, } n = 1{,}28544 + 0{,}0025862\,p - 0{,}000009056\,p^2 \\ \text{,, ,, ,, H, } n = 1{,}29986 + 0{,}0025167\,p - 0{,}000008500\,p^2\end{array}\right\}\ \text{(I.)}$$

Menant de même la courbe par les indices des liquides XV, XVI et XVII, on trouve :

$$\left.\begin{array}{l}\text{pour la raie A, } n = 0{,}73935 + 0{,}0162716\,p - 0{,}000095447\,p^2 \\ \text{,, ,, ,, D, } n = 0{,}73740 + 0{,}0164697\,p - 0{,}000096772\,p^2 \\ \text{,, ,, ,, H, } n = 0{,}84459 + 0{,}0143617\,p - 0{,}000085087\,p^2\end{array}\right\}\ \text{(II.)}$$

Menant enfin la courbe par les indices des liquides XIV, XV et XVI, on obtient :

$$\left.\begin{array}{l}\text{pour la raie A, } n = 0{,}52892 + 0{,}0210845\,p - 0{,}000122958\,p^2 \\ \text{,, ,, ,, D, } n = 0{,}54522 + 0{,}0208648\,p - 0{,}000121893\,p^2 \\ \text{,, ,, ,, H, } n = 0{,}52559 + 0{,}0216589\,p - 0{,}000126807\,p^2\end{array}\right\}\ \text{(III.)}$$

Cherchons maintenant les maxima de ces lignes courbes. Le système (I), toutefois, ne peut pas nous apprendre grand'chose, ce que la planche indique déjà, les courbes ne s'écartant que très peu de la ligne droite. Bornons-nous donc à déterminer les maxima des systèmes (II) et (III); en divisant le coefficient du deuxième terme par le double de celui du troisième, on obtient pour les valeurs de p et pour les valeurs correspondantes de n:

Système (II).

	p	n
raie A	85%,25	1,43284
„ D	85,09	1,43815
„ H	84,39	1,45061

Système (III).

	p	n
raie A	85%,74	1,43289
„ D	85,59	1,43809
„ H	85,40	1,45043

Il est singulier que la valeur de p pour la raie H du système (II) soit la seule qui approche de la valeur théorique 84,5; toutes les autres sont trop fortes. Dans la planche VII, fig. 1, j'ai marqué, par une ligne pointillée, le prolongement des courbes, dans la supposition que leur maximum coïncide avec le maximum théorique. Au bas de la planche, fig. 2 *a*, on a représenté les lignes courbes du système (II), après avoir diminué tous les indices de réfraction de 1,10000; la fig. 2 *b* donne de même les courbes du système (III), pour lesquelles on a retranché 0,07500 de chaque indice; dans les deux figures on a pris les maxima tels que nous venons de les trouver. Nous sommes ici de nouveau en face d'un de ces résultats que nous aimerions tant à voir obéir à la loi théorique; mais il y a certainement des causes qui modifient cette loi et qui en altèrent les résultats à nos yeux. La cause ne peut résider dans des erreurs d'observation proprement dites. Mais d'autres influences sont en jeu: la température peut très bien être un élément exerçant ici un effet perturbateur. Une irrégularité du coefficient de dilatation du liquide XV serait de nature à révéler un pareil effet; j'ai bien trouvé une légère irrégularité de ce genre, mais pas plus prononcée que dans d'autres liquides. Un changement de quelques centièmes dans le titre reconnu aux liquides suffirait, comme le calcul me l'a montré, pour dissiper

toutes les différences. On pourrait supposer que la table de M. Bineau donne des erreurs telles que celles dont il faudrait admettre ici la présence, ou bien on pourrait rendre responsables des écarts dont il s'agit mes déterminations des poids spécifiques, quoiqu'elles m'inspirent beaucoup de confiance. Il me semble plutôt résulter de ceci que les indices de réfraction donneront un jour un moyen plus sûr pour reconnaître le titre de ces liquides que le poids spécifique ou l'analyse chimique. Ce sujet peut donner lieu à de nouvelles recherches, et ceux qui se sentiront le courage et l'assiduité nécessaires pour les entreprendre n'auront, à coup sûr, pas lieu de s'en repentir.

J'ai essayé de déterminer pour la raie D la courbe du système (II), à l'aide des quatre liquides XV, XVI, XVII et XVIII, par la méthode des moindres carrés; c'est-à-dire que j'ai cherché, en m'en tenant à la forme à trois constantes, quelle était la courbe la plus probable qui résultait de ces quatre liquides. Mais, au lieu de me rapprocher de la vérité, cette voie m'en a éloigné davantage, puisque j'ai trouvé ainsi des valeurs encore plus fortes pour p. A vrai dire, il n'était pas permis d'admettre dans ce calcul un liquide à 95%. Quant au mélange à 72%, il était à trop grande distance du maximum pour que je voulusse en faire usage.

14. Abordons maintenant une autre question. Comment les résultats obtenus pour les indices de réfraction des différents liquides se comportent-ils à l'égard des formules de dispersion ?

Après tout ce que m'avaient appris les recherches résumées dans mes précédents mémoires, je m'en suis tenu simplement à la formule à trois termes $n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$.

J'ai cherché par la méthode des moindres carrés, pour chacun des dix-huit liquides, les valeurs les plus probables des coefficients A, B et C. Nous nous occuperons dans un instant de ces valeurs. Les écarts entre les formules et les résultats de l'observation sont donnés par la table générale B. B. dans les petites colonnes W, c — o (*calcul moins observation*); au bas de ces

colonnes on trouve les sommes des carrés des écarts. La table A.A. donne les valeurs des coefficients pour les dix-huit liquides. J'ai exécuté le calcul pour chaque liquide séparément, avec les valeurs telles que la première table générale les indique pour les températures propres du liquide, parce que ces valeurs représentent encore purement le résultat de l'observation, tandis que dans l'autre table, où elles sont réduites à la température de 18°,3, elles ont déjà subi une légère altération. En réalité pourtant, cette réduction pour la température n'a d'influence que sur le coefficient A; c'est pour cela que cette table A.A. donne, dans la colonne A′, tous les coefficients A réduits à la température de 18°,3 à l'aide des coefficients de correction pour la température pris dans la table générale. Les coefficients A′, B et C sont donc, en définitive, ceux qui se prêtent le mieux à une comparaison nette, puisqu'ils se rapportent tous à une même température pour les divers liquides. — Les courbes données par ces coefficients sont représentées, par des tracés plus épais, dans la planche II, fig. 3. La figure 3*a* est la courbe pour A′, telle qu'on l'obtient en diminuant toutes les valeurs de 1,323494 (la valeur pour l'eau) et ensuite de 0,050000, en omettant par conséquent les dix premiers liquides, qui d'ailleurs n'apprendraient pas grand'chose ici. Fig. 3*b* donne la courbe pour le coefficient B, après déduction, d'abord de la valeur pour l'eau, ensuite de 50000. Enfin fig. 3*c* représente la courbe pour le coefficient C, diminuée de la valeur pour l'eau et ensuite de 50000. Les résultats qui restent pour A′ et B, après cette réduction, ont été multipliés par 4, de sorte que 1 dans la quatrième décimale de A′ est égal à 0,4 millim., et que 100 du coefficient B est également représenté par 0,4 millim.; les valeurs de C ont été multipliées par 3, de sorte que 1000 est égal à 0,3 millim. dans la figure.

M. Bineau s'est occupé tout spécialement, dans son mémoire, de l'examen relatif au maximum de contraction des mélanges d'acide sulfurique et d'eau. Ure avait annoncé que ce maximum coïncide avec l'acide sulfurique trihydraté ($SO_3 + 3\,HO$), ce qui

correspond à 72%,1 de SO_3HO dans le mélange. M. Bineau exprime la liaison entre la densité et la richesse par la formule suivante:

$$d = 0{,}788 - 0{,}0009\ t + 1{,}2\ p$$

dans laquelle d est la densité, t la température et p la proportion centésimale d'acide. M. Bineau fait voir que cette formule donne des résultats très satisfaisants depuis $d = 1{,}5535$ jusqu'à $d = 1{,}792$; il s'en sert pour déterminer le maximum de contraction, et trouve 75%,5, par conséquent un titre plus élevé que celui qui correspond à 3 équivalents d'eau pour un d'acide anhydre.

Si l'on considère maintenant l'inflexion qu'éprouvent les lignes fig. 3 *b* et 3 *c*, pour le liquide XIII, celui à 71%,97 on sera fortement tenté de supposer que cette inflexion est en rapport avec le maximum de contraction, qui tombe entre les liquides XIII et XIV; je n'ose, toutefois, trancher la question, car nous ne connaissons pas la partie des lignes courbes qui doit se trouver entre ces deux liquides. Mais quand j'examine les sommes des carrés des écarts restants pour XII, XIII, XIV et XV, je vois que la marche en est très régulière; je ne puis me décider à attribuer uniquement à des erreurs d'observation la déviation dont il s'agit, — cette chute dans les valeurs des coefficients de la formule, — et j'aimerais à trouver ici une relation entre le maximum de contraction, ou peut-être la constitution chimique, et les inflexions des courbes.

En fixant son attention sur la formule de dispersion, on est frappé immédiatement de la circonstance que le troisième terme se montre ici toujours négatif, tandis que pour les corps solides, d'après tout ce que l'expérience a fait connaître, ce terme est positif. C'est là un résultat très intéressant; accuserait-il une différence caractéristique entre les liquides et les solides, ou bien le degré de réfringence et de dispersion de la matière se traduirait-il aussi sous cette forme, de sorte que le terme passerait de l'état positif à l'état négatif quand le pouvoir réfringent atteint une certaine valeur? Dans cette dernière hypothèse il devrait y

avoir aussi des substances pour lesquelles ce terme s'annulerait.

J'ai pris dans les tables de M. Baden Powell [1]) les indices de réfraction des raies C, D et F pour certain nombre de substances, savoir pour l'acide nitrique, $n_D = 1,4026$, la dissolution de chlorure de calcium, $n_D = 1,4040$, la dissolution de chlorure de zinc, $n_D = 1,3421$, le sel gemme, $n_D = 1,5448$, l'huile d'anis (n°. VI), $n_D = 1,5565$, le sulfure de carbone, $n_D = 1,6308$; et à l'aide de ces indices j'ai calculé les coefficients A, B et C de la même formule à trois termes. Parmi ces substances, l'acide nitrique et la dissolution de chlorure de zinc furent les seules qui donnèrent encore pour C des valeurs négatives, bien que relativement petites; toutes les autres conduisirent à des valeurs positives pour ce coefficient. Il paraîtrait d'après cela que ce n'est ni l'état de fluidité, ni la faible valeur des indices de réfraction, qui fournit la règle pour la négativeté du signe du coefficient. Ce résultat est de nature à fortifier la présomption que des recherches ultérieures, portant sur ce point, pourraient mettre au jour des faits entièrement inattendus.

L'idée m'étant venue de chercher jusqu'à quel point le liquide XIV satisfaisait à la formule de MM. Briot et Christoffel, j'ai trouvé l'expression suivante:

$$n = \frac{2 \times 1,42503}{\sqrt{\left(1 + \frac{1413,4}{\lambda}\right)} + \sqrt{\left(1 - \frac{1413,4}{\lambda}\right)}},$$

et pour les écarts c — o, c'est-à-dire *calcul moins observation*, en unités de la cinquième décimale:

A	a	B	C	D	E	b	F	$\overline{G}$	G	$\overline{H}$	H
+74	+42	+7	—15	—43	—51	—50	—38	—16	+6	+23	+53

quantités dont la somme des carrés est = 18502.

Le chiffre élevé de cette somme n'a pas lieu de nous surpren-

[1]) *The undulatory theory*, London. 1841.

dre, même en présence de la faible dispersion du liquide; car il suit des considérations développées dans ma *Note sur la réfraction et la dispersion du flint-glass* [1]) que cette formule suppose le troisième positif dans $n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$, tandis que nous avons trouvé que C a toujours une valeur négative pour nos mélanges. La formule de M. Briot devait donc bien s'éloigner ici beaucoup de la réalité. Il est possible qu'à l'aide d'un nouveau calcul, exécuté d'après ces écarts, j'eusse pu modifier la formule de manière à faire baisser légèrement les écarts; mais il m'a paru qu'on gagnerait ainsi trop peu de chose pour qu'il valût la peine d'entreprendre le calcul. C'est une nouvelle preuve que la formule de M. Briot n'a guère avancé la question.

15. A égard de la largeur du spectre de nos liquides, nous reconnaissons, tout d'abord, qu'il se dilate à mesure qu'on approche du maximum, pour se contracter de nouveau quand on dépasse ce point; j'en ai déjà fait l'observation plus haut.

Mais il y a un autre phénomène, qui est probablement en connexion avec celui-ci, et dont l'importance est beaucoup plus grande. Si nous examinons les colonnes W, qui donnent les différences entre le calcul et l'observation, nous remarquons que ces écarts, même pour l'eau, ont une valeur assez considérable et égalent presque ceux des prismes Steinheil N°. I et N°. II de mes précédents mémoires. La circonstance, que les écarts sont plus petits pour le liquide II, provient simplement de ce que les résultats relatifs à ce liquide reposent uniquement sur une seule série d'observations, dans laquelle les écarts paraissent avoir été fortuitement compensés et dissimulés par les erreurs d'observation [2]). A mesure que nous nous rapprochons du maximum de réfraction, c'est-à-dire des mélanges XIV et XV, nous voyons la grandeur des écarts augmenter constamment, et, chose assez singulière, ce sont les raies A, C, D, G et H qui ont le plus

[1]) *Archives Néerlandaises*, Tome II, pag. 453.

[2]) C'est surtout l'indice pour $\overline{\overline{H}}$ qui me semble ici trop petit.

à souffrir; dans cet accroissement successif, les écarts atteignent des valeurs presque égales à celles qu'a offertes le prisme Merz N°. I, dont le pouvoir réfringent et dispersif est si considérable. — Pour être absolument sincère, je dois observer toutefois que dans la liste relative à ce prisme Merz N°. I la raie H fait défaut, ce qui ne constitue pas un médiocre avantage pour l'accord entre les observations et la formule. — Dès que le maximum de réfraction a été franchi, c'est-à-dire pour les liquides XVI, XVII et XVIII, les écarts commencent à décroître, surtout en ce qui concerne les raies C et D, et insensiblement ils reprennent les valeurs moindres qu'ils avaient présentées d'abord, dans le voisinage de l'eau.

Une partie des fortes différences dont il vient d'être question pourra, j'y consens, être mise sur le compte des erreurs d'observation. Cela est probable surtout pour les raies A et H, qui, dans mes recherches, furent souvent très difficiles à distinguer, entre autres par suite de la coloration que les mélanges d'acide sulfurique prennent au contact des matières organiques, et dont il est si malaisé de les préserver; souvent, pour mesurer ces raies, tant bien que mal, j'étais obligé de pointer la lunette par estime, de la mouvoir à droite et à gauche jusqu'à ce qu'une image fugitive fût perçue, et d'évaluer alors approximativement la distance au centre du réticule en continuant à déplacer la lunette jusqu'à ce que je jugeasse la raie arrivée à ce centre, moyen auquel on n'a recours que pour des objets très faiblement éclairés. Mais je ne voudrais pourtant pas laisser attribuer aux erreurs d'observation seules la totalité des écarts signalés. Si l'on considère les sommes des carrés, on voit que ces sommes s'élèvent régulièrement depuis l'eau jusqu'au maximum, pour s'abaisser ensuite. Qui sait si ces faits ne nous fourniront pas un jour la clef pour expliquer les écarts entre la formule et l'expérience partout où de semblables écarts se rencontrent? Quand l'eau prédomine fortement dans le liquide, ou bien quand celui-ci a dépassé notablement le maximum, c'est-à-dire 84°,5 de SO_3 HO, dans ces deux cas nous observons de la régularité et un affaiblisse-

ment des écarts. Peut-être la combinaison qui s'effectue entre les deux éléments mélangés fait-elle naître dans le liquide une irrégularité, une espèce de tension, qui agit inégalement sur la lumière de différentes longueurs d'onde, et dont l'effet devient de nouveau moins sensible quand la proportion d'acide dépasse un certain degré. Outre l'acide sulfurique, d'autres liquides miscibles avec l'eau, et peut-être aussi des dissolutions salines, pourront probablement être soumis à des recherches du même genre. Mais je suis disposé à croire que j'ai rencontré précisément dans l'acide sulfurique un des liquides dont l'étude était le plus avantageuse et le plus instructive. — Nous avons ici un nouvel exemple des erreurs auxquelles nous expose la tendance à chercher partout la simplicité dans les phénomèmes naturels, dont la complication apparente trouble notre vue bornée.

16. En présence de la marche que les indices de réfraction suivent dans la table, je puis me dispenser de m'étendre longuement ici sur la loi des mélanges. On s'est figuré que la loi donnée par Biot et Arago pour le pouvoir réfringent, $\frac{n^2 - 1}{d}$ (n représentant l'indice de réfraction et d la densité), devait s'appliquer non-seulement aux mélanges gazeux, mais aussi aux liquides, et qu'on devait avoir par conséquent :

$$(100 - p)\,\frac{n^2 - 1}{d} + p\,\frac{n'^2 - 1}{d'} = 100\,\frac{n''^2 - 1}{d'},$$

formule où $100 - p$ et p sont, en centièmes, les poids respectifs des deux liquides mélangés, n, n' et n'' les indices de réfraction des deux liquides et du mélange, d, d' et d'' les densités des deux liquides et de leur mélange. Les résultats consignés dans la table montrent, sans réplique, que cette loi n'est pas admissible, au moins pour les mélanges d'acide sulfurique et d'eau. On peut se tirer d'affaire, si l'on veut, en disant qu'il ne s'agit pas ici de mélanges, mais de combinaisons chimiques; mais il

faudra alors définir préalablement, avec précision, ce qu'on doit entendre par mélanges, montrer en quoi ils diffèrent des combinaisons, et faire voir que les dissolutions salines ne peuvent pas non plus être considérées comme des mélanges. C'est une notion si élastique, et souvent si indéterminée, que celle de dissolution, et il arrive si fréquemment qu'on attache une importance capitale à la distinction sans la préciser avec soin! Quand un sel ou un acide est dissous dans l'eau, par exemple, on peut très bien se représenter que ce sel ou cet acide soit uni à une certaine quantité d'eau en proportions équivalentes, et que la combinaison chimique qui en résulte soit dissoute dans un excès du menstrue.

La loi des mélanges m'a conduit à faire une application sur laquelle je veux appeler l'attention en passant. Si le pouvoir réfringent de Laplace est réellement, pour chaque substance, une grandeur constante, nous obtiendrons, en différentiant cette expression, $\frac{n^2 - 1}{d} = C$:

$$2n\,\delta n = C\,\delta d \text{ ou } 2n\,\delta n = \frac{n^2-1}{d}\,\delta d,$$

d'où:

$$\delta n = \frac{n^2-1}{2n.d}\,\delta d,$$

formule qui indiquerait la liaison mutuelle des variations que l'indice de réfraction et la densité éprouvent par suite d'un même changement de température. Qu'on se reporte maintenant à la table C, qui donne les changements de densité pour 1° de température ainsi que les densités des différents liquides, qu'on prenne l'indice de réfraction de ces liquides, par exemple celui qui appartient à la raie D, et qu'on calcule ensuite les variations de l'indice de réfraction pour 1° de température, on trouvera des nombres qui s'accordent d'une manière assez remarquable avec les valeurs obtenues dans les expériences de réfraction, c'est-à-dire avec les grandeurs X de la table B.B.

17. Il ne me reste plus que peu de chose à dire. Les changements de l'indice de réfraction qui dépendent de la température, c'est-à-dire les valeurs de X, n'observent pas une marche très régu-

lière dans la table; ils ne sont certainement pas exacts; ils furent en effet, largement affectés, non-seulement par toutes les erreurs accidentelles qui présentèrent un caractère plus ou moins constant, mais aussi par toutes les autres causes irrégulières de perturbation.

Une question qui m'inspirait un intérêt particulier, c'était de savoir si ces changements dépendants de la température ne varieraient pas avec la longueur d'onde de la lumière, c'est-à-dire en passant d'une raie de Fraunhofer à l'autre; mais j'eus beau arranger et combiner, de toutes les manières, les chiffres des tables primitives, je ne découvris aucune relation de ce genre. X de la table B.B. est ce qu'on a déduit de P pour la variation avec 1°. de température; X′ est ce qu'on a déduit de Q pour cette même grandeur avec 1°. de température. L'accord entre X′ et X témoigne que l'application des corrections pour les deux positions a été faite d'une manière assez complète pour que de leurs différences on obtienne encore une bonne valeur pour la variation par la température. Il n'y aurait pourtant aucun sens à vouloir chercher avec les chiffres dont résultent ces X′, ce qui ne nous a pas réussi avec ceux qui ont donné les X.

Explication des tables et de la planche VII.

La table C donne les densités de mes liquides déterminées pour en conclure leur richesse en acide sulfurique et cette richesse calculée. On y trouve, dans les cinq premières colonnes, les densités W avec les températures T des liquides. La deuxième colonne contient les résultats directs de l'observation. La troisième renferme les moyennes générales et, en outre, quelques autres destinées à faciliter le calcul des variations D avec la température,

qui se trouvent dans la quatrième. La cinquième colonne donne les densités, calculées pour 0° de température. Les deux colonnes suivantes donnent la richesse R en SO_3 HO.

A. A. donne les coefficients de la formule de Cauchy à trois termes, pour tous les liquides. B. B. est la table offrant le résumé général.

Pl. VII représente les courbes des indices de réfraction. Fig. I montre la marche des indices pour nos douze raies, commençant par celles relatives à l'eau, dont l'indice de la raie A forme le zéro des ordonnées. Les abscisses sont les pour-cent des liquides, en représentant 0%,1 par 0,6 millim. Les ordonnées sont les indices exprimés en six chiffres (par la suppression du point marquant les décimales) et commençant par l'indice de la raie A pour l'eau; 10 de l'indice est égal à 0,4 millim.

J'ai préféré réunir par des lignes droites les points donnés par l'observation, au lieu de les lier par une courbe qui aurait toujours quelque chose d'irrationnel, puisque les points intermédiaires nous sont inconnus. Entre les liquides XIV et XV on trouve des courbes pointillées, tracées dans la supposition que leurs maxima tombent sur la valeur théorique 84%,5. Les points x, y et z qu'on y voit indiquent, pour les raies A, D et H, les points d'intersection des courbes des systèmes (I) et (II), pag. 143 du texte, menées d'une part par XII, XIII et XIV, et d'autre part par XV, XVI et XVII. J'ai trouvé par le calcul, pour ces points, respectivement $p = 83\%,26$, $p = 83\%,05$ et $p = 83\%,29$. Il est curieux de voir que ces courbes des indices montrent des points d'inflexion et qu'elles tournent visiblement leur convexité vers l'axe des abscisses pour les liquides XII et XIII.

Fig. 2 *a* donne les courbes du système (II) pour les raies A, D et H, avec leurs maxima calculés. Fig. 2 *b* donne les courbes du système (III) du texte pour les mêmes raies, avec leurs maxima indiqués par le calcul.

Fig. 3 *a* montre la courbe des coefficients A′ de la formule à

trois termes de Cauchy, pour les liquides X à XVIII. Fig. 3 *b* montre la courbe des coefficients B de cette même formule, pour ces mêmes liquides. Fig. 3 *b* en donne la courbe pour le coefficient C. Les ordonnées de B et de C semblent indiquer un minimum très intéressant entre les liquides XIII et XIV.

Les Fig. 4 à 6 sont relatives soit à la marche des rayons perpendiculaires sur une des faces du prisme, soit à la marche du rayon pour le minimum de déflexion quand les ouvertures du prisme sont recouvertes de glaces à faces non parallèles.

A. A.

Valeurs des coefficients.

		A	B	C	A'
I	0	1,323142	350122	488133	1,323494
II	0%,10	1,323666	347676	457342	1,323600
III	0%,15	1,323476	356030	554637	1,323467
IV	4%,46	1,328980	377286	706625	1,328210
V	15%,82	1,341627	386770	711822	1,341552
VI	19%,00	1,344872	406615	933158	1,345258
VII	23%,29	1,350940	407024	888071	1,350868
VIII	30%,10	1,360775	432409	1084919	1,358401
IX	38%,78	1,368394	444567	1184329	1,368890
X	47%,22	1,380046	457444	1230166	1,378973
XI	56%,25	1,389250	472333	1346724	1,390450
XII	63%,69	1,401026	491793	1516075	1,400388
XIII	71%,97	1,411199	497121	1520246	1,411431
XIV	81%,41	1,422502	508094	1603895	1,422502
XV	85%,98	1,423670	499582	1558797	1,424830
XVI	88%,97	1,423141	483500	1428873	1,423970
XVII	91%,43	1,421412	469774	1283088	1,421953
XVIII	94%,72	1,419576	450400	1161203	1,419576

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} - \frac{C \times (10)^6}{\lambda^4}$$

Densité et richesse des mélanges.

	T.	W.	T.	W.	T.	D.	W. à 0° C.	R.	R.
I	0°	1,00000					1,00000	0	0
II	15°,43	0,99987					1,00068	0%,100	0%,100
III*a*	0°,34	1,00118							
b	6,93	1,00121							
c	12,02	1,00064							
d	12,03	1,00071							
III′			7°,38	1,00091			1,00110	0,152	0,152
IV*a*	8°,63	1,03036							
b	13,14	1,02946			10,°89	20,0			
IV′			10,89	1,02991			1,03209	4,458	4,458
V*a*	−3°,57	1,11957							
b	− 2,17	1,11909	− 2,87	1,11942					
c	5,88	1,11515			1,97	48,0			
d	7,73	1,11440	6,81	1,11477					
e	12,44	1,11242			9,64	43,4			
f	12,48	1,11221	12,46	1,11232	15,52	35,5			
g	18,59	1,11018							
V′			7,34	1,11474			1,11784	15,820	15,820
VI*a*	−2°,55	1,14440							
b	− 2,22	1,14406	− 2,38	1,14423					
c	6,21	1,13950			2,27	53,9			
d	7,63	1,13894	6,92	1,13922					
e	11,38	1,13699							
f	11,88	1,13650	11,63	1,13675	9,25	52,5			
g	19,41	1,13293			15,47	49,1			
VI′			7,39	1,13905			1,14288	19,002	19,002
VII*a*	0°,89	1,17776							
b	10,80	1,17110			5,84	67,1			
c	16,66	1,16723	14,42	1,16878					
d	19,42	1,16569	18,04	1,16646	18,04	55,8			
VII′			11,94	1,17045			1,17714	23,285	
VII′*a*	7,40	1,17306			8,51	45,0			
b	9,62	1,17206	8,51	1,17255					
VII*β*	18,02	1,16707							
VII*π*			13,27	1,16982			1,17725	23,301	23,293
VIII*a*	−2°,35	1,23435							
b	− 0,45	1,23293	− 1,40	1,23364					
c	6,46	1,22790			3,37	69,5			
d	9,81	1,22612	8,14	1,22701					
e	14,60	1,22263			11,37	67,8			
f	19,43	1,21983			17,02	58,0			
VIII′			7,92	1,22729			1,23245	30,104	30,104
IX*a*	0°,86	1,30552							
b	10,20	1,29834			5,53	76,9			
c	13,32	1,29591							
d	19,39	1,29140	16,36	1,29366	16,36	74,3			
IX′			10,94	1,29779			1,30606	38,813	
IX*α*	14,73	1,29509							
IX*β*	20,28	1,28981							
IX*π*			17,36	1,29245			1,30557	38,757	38,785

	T.	W.	T.	W.	T.	D.	W. à 0° C.	R.	R.
X*a*	−2°,55	1,38553							
b	0,68	1,38295	−0°,94	1,38424					
c	5,32	1,37951			2°,59	77,8			
d	6,92	1,37799	6,12	1,37875					
e	12,32	1,37341			9,23	84,1			
f	12,38	1,37365	12,35	1,37353					
g	19,20	1,36792			15,88	81,8			
X′			7,75	1,37728			1,38357	47%,305	
Xγ*a*	11,35	1,37295							
Xγ*b*	19,61	1,36573							
Xπ			15,48	1,36934			1,38189	47,127	47%,216
XI*a*	−2°,74	1,47710							
b	−2,27	1,47739	−2,51	1,47725					
c	10,0	1,46652			3,75	85,8			
d	13,43	1,46369	16,13	1,46151	11,72	82,5			
e	18,56	1,45957	18,84	1,45933					
f	19,11	1,45909			16,13	80,6			
XI′			9,35	1,46722			1,47498	56,398	
XIα	14,32	1,46092							
XIβ	18,28	1,45596							
XIπ			16,72	1,45844			1,47172	56,092	56,248
XII*a*	−2°,32	1,56016							
b	10,77	1,54783			4,22	94,2			
c	16,05	1,54279			13,41	95,5			
d	20,94	1,53900	18,50	1,54089	18,50	97,9			
XII′			11,36	1,54745			1,55813	63,865	
XIIα*a*	10,14	1,54811							
b	14,40	1,54390	12,27	1,54601	12,27	98,8			
XIIβ*a*	11,33	1,54009							
b	20,97	1,53195	16,15	1,53602	16,15	83,4			
XIIπ			14,21	1,54102			1,55438	63,524	63,695
XIII*a*	−3°,43	1,65666							
b	9,18	1,64454			2,88	96,1			
c	12,13	1,64183			10,56	91,9			
d	13,88	1,64036	13,01	1,64110					
e	19,39	1,63531	16,64	1,63784	16,64	90,6			
XIII,			10,23	1,64374			1,65324	72,138	
XIIIα	14,03	1,63933							
XIIIβ	19,08	1,62842							
XIIIπ			16,55	1,63388			1,64925	71,801	71,970
XIV*a*	−3°,01	1,77095							
b	9,17	1,75706			3,08	114,0			
c	12,32	1,75372	10,75	1,75539	10,75	106,0			
d	13,17	1,75362							
e	17,90	1,74866	15,54	1,75114	15,54	104,8			
XIV′			9,91	1,75680			1,76699	81,695	
XIVα*a*	11,83	1,74900			15,92	86,4			
b	20,01	1,74193	15,92	1,74547					
XIVβ	19,03	1,73991							
XIVπ			17,48	1,74269			1,76066	81,132	81,414
XV*a*	14°,55	1,79251							
b	18,08	1,78823			16,68	108,1			
c	19,53	1,78757	18,81	1,78790					
XV,			17,40	1,78944			1,80824	86,024	
XVγ	18,25	1,78705							
XVπ			18,25	1,78705			1,80676	85,845	85,935

	T.	W.	T.	W.	T.	D.	W. à 0° C.	R.	R.
XVI*a*	1°,68	1,83185							
b	7,95	1,82459			4°,82	115,8			
c	13,59	1,81872	10°,77	1,82166	10,77	104,1			
XVI′			7,74	1,82505			1,83356	89%,099	
XVIγ	10,77	1,81939							
XVI$^{\pi}$			10,77	1,81939			1,83123	88,847	88%,973
XVII*a*	1°,28	1,84463							
b	8,88	1,83621			5,08	114,6			
c	13,18	1,83191	11,03	1,83406	11,03	100,0			
XVII′			7.78	1,83758			1,84593	91,614	
XVIIγ	12,95	1,83095							
XVII$^{\pi}$			12,95	1,83095			1,84485	91,237	91,426
XVIII*a*	1°,12	1,85180							
b	6,74	1,84553			3,93	111,5			
c	12,68	1,83913			9,71	107.7			
d	13,81	1,83798	13,25	1,83856					
e	15,38	1,83685							
f	19,96	1,83213	17,67	1,83449	16,89	95,1			
XVIII′			11,62	1,84057			1,85270	95,614	
XVIII$^{1\alpha}$	18,98	1,82857							
XVIII$^{1\beta}$	17,33	1,83286							
XVIII$^{2\gamma}$	10,29	1,83955							
XVIII$^{1\pi}$			18,16	1,83072			1,84959	93,616	94,615
XVIII$^{2\pi}$			10,29	1,83955			1,85029	94,018	94,816

§) *Un milligramme de la perte en poids du cylindre donne* 0,00025 *dans la densité trouvée; 2 secondes dans la déviation minima donnent* 1,5, *et* 2 *secondes dans l'angle du prisme donnent* 0,63 *dans les cinquièmes décimales de l'indice de réfraction.*

TABLE GÉNÉRALE.

	I. 0%,00 T. 22°,0	W. C-O.	II. 0%,10 T. 17°,6	W. C-O.	III. 0%,15 T. 18°,2	W. C-O.	IV. 4%,46 T. 13°,2	W. C-O.	V. 15%,82 T. 17°,9	W. C-O.	VI. 19%,00 T. 20°,6	W. C-O.
A	1,32890	+11	1,32949	+1	1,32934	+8	1,33519	+6	1,34793	+12	1,35148	+10
a	1,32971	2	1,33018	4	1,33010	6	1,33598	3	1,34881	4	1,35235	4
B	1,33035	2	1,33083	−1	1,33080	−4	1,33665	0	1,34953	4	1,35310	−4
C	1,33107	7	1,33148	+1	1,33149	5	1,33740	−5	1,35028	6	1,32387	7
D	1,33292	11	1,33339	10	1,33236	10	1,33939	14	1,35226	9	1,35591	11
E	1,33513	2	1,33560	1	1,33559	2	1,34166	1	1,35464	1	1,35834	4
b	1,33554	+1	1,33604	2	1,33601	0	1,34210	1	1,35511	2	1,35877	0
F	1,33704	3	1,33756	1	1,33750	+3	1,34362	+4	1,35669	+1	1,36032	−7
$\overline{G}$	1,33895	7	1,33947	+3	1,33940	8	1,34560	6	1,35875	1	1,36238	6
G	1,34052	5	1,34100	5	1,34100	2	1,34714	9	1,36029	9	1,36398	7
$\overline{H}$	1,34224	−3	1,34264	6	1,34266	0	1,34887	2	1,36206	2	1,36573	1
H	1,34342	4	1,34392	−5	1,34388	−6	1,35015	−9	1,36336	−7	1,36697	7
Somme	des carrés...	412		220		354		486		424		502
P	22°,3=212,4				3°,1 = 23,4		3°,6 = 88,4		7°,2=132,9		7°,5=125,8	
Q	7°,6 = 72,3				1°,8 = 13,8				4°,5=115,3		6°,2=111,8	
X	9,5				6,8		24,6		18,7		16,8	
X′	9,6				7,7				25,6		18,0	

	VII. 23%,29 T. 18°,0	W. C-O.	VIII. 30%,10 T. 9°,1	W. C-O.	IX. 38%,78 T. 20°,2	W. C-O.	X. 47%,22 T. 14°,1	W. C-O.	XI. 56%,25 T. 22°,6	W. C-O.	XII. 63%,69 T. 16°,2	W. C-O.
A	1,35753	+13	1,36778	+10	1,37553	+14	1,38733	+20	1,39677	+19	1,40883	+19
a	1,35843	5	1,36867	6	1,37649	6	1,38834	10	1,39778	10	1,40992	5
B	1,35920	−5	1,36945	−1	1,37733	−6	1,38926	−9	1,39875	−11	1,41080	−5
C	1,36002	12	1,37030	8	1,37817	10	1,39013	13	1,39962	13	1,41176	14
D	1,362 6	14	1,37246	14	1,38034	14	1,39234	15	1,40188	15	1,41406	14
E	1,36448	4	1,37497	3	1,38290	4	1,39496	4	1,40454	3	1,41682	5
b	1,36493	2	1,37545	3	1,38338	3	1,39547	5	1,40507	5	1,41733	4
F	1,36651	+5	1,37705	+7	1,38502	+5	1,39715	+3	1,40673	+8	1,41902	+9
$\overline{G}$	1,36849	15	1,37916	8	1,38706	16	1,39927	12	1,40893	11	1,42122	14
G	1,37017	10	1,38083	7	1,38880	8	1,40101	9	1,41064	13	1,42297	13
$\overline{H}$	1,37199	−1	1,38259	4	1,39065	−4	1,40287	0	1,41250	5	1,42485	3
H	1,37328	10	1,38395	−12	1,39193	11	1,40419	−8	1,41394	−16	1,42631	−20
Somme des carrés...		1030		737		1071		1314		1646		1699
P	5°,2=124,8		5°,3=137,9		3°,7=96,7		8°,2=201,8		3°,7=103,0		4°,4=133,9	
Q	11°,6=267,0		12°,4=303,6		2°,8=78,7		7°,6=187,5		8°,1=206,4		13°,3=327,1	
X	24,0		25,8		26,1		24,6		27,9		30,4	
X′	23,0		24,5		28,1		24,7		25,5		24,7	

	XIII. 71%,97 T. 19°,3	W. C-O.	XIV. 81%,41 T. 18°,3	W. C-O.	XV. 85%,93 T. 22°,3	W. C-O.	XVI. 88%,97 T. 21°,2	W. C-O.	XVII. 91%,43 T. 19°,5	W. C-O.	XVIII. 94%,72 T. 18°,3	W. C-O.
A	1,41907	+21	1,43049	+26	1,43163	+15	1,43078	+24	1,42888	+22	1,42684	+12
a	1,42019	6	1,43168	5	1,43269	6	1,43197	−1	1,43005	−3	1,42781	4
B	1,42110	−6	1,43263	−9	1,43360	−6	1,43284	11	1,43084	4	1,42868	−9
C	1,42204	13	1,43360	17	1,43463	21	1,43371	12	1,43168	6	1,42944	4
D	1,42413	19	1,43596	17	1,43691	14	1,43596	9	1,43396	9	1,43163	6
E	1,42717	4	1,43877	5	1,43965	1	1,43871	1	1,43671	5	1,43431	2
b	1,42770	5	1,43928	3	1,44014	+2	1,43923	2	1,43719	9	1,43484	5
F	1,42914	+6	1,44103	+8	1,44195	3	1,44095	+7	1,43892	+6	1,43649	+5
$\overline{G}$	1,43163	15	1,44327	15	1,44418	10	1,44319	9	1,44114	9	1,43869	5
G	1,43341	13	1,44507	13	1,44590	14	1,44496	6	1,44286	11	1,44037	8
$\overline{H}$	1,43538	−2	1,44703	−1	1,44785	−1	1,44686	−5	1,44482	−4	1,44229	−6
H	1,43673	12	1,44841	14	1,44924	16	1,44810	5	1,44610	6	1,44347	0
Somme des carrés...		1662		2049		1501		1144		1022		472
P	4°,3= 99,8		3°,6=105,1		6°,2=179,7		12°,1=316,0		5°,6=137,5		11°,8=323,5	
Q	7°,9=213,8		5°,2=158,5		2°,1= 56,5		3°,4=107,0		8°,5=222,5		7°,4=196,6	
X	23,2		29,2		29,0		28,6		24,6		27,4	
X′	27,1		30,5		26,9		31,5		26,2		26,6	

Table générale réduite à T = 18°,3.

	I. 0%,00	II. 0%,10	III. 0%,15	IV. 4%,46	V. 15%,82	VI. 19%,00	VII. 23%,29	VIII. 30%,10	IX. 38%,78
A	1,32925	1,32942	1,32933	1,33442	1,34786	1,35187	1,35746	1,36541	1,37603
a	1,33006	1,33011	1,33009	1,33521	1,34874	1,35274	1,35836	1,36630	1,37699
B	1,33070	1,33076	1,33079	1,33588	1,34946	1,35349	1,35913	1,36708	1,37783
C	1,33142	1,33141	1,33148	1,33663	1,35021	1,35426	1,35995	1,36793	1,37867
D	1,33327	1,33332	1,33335	1,33862	1,35219	1,35630	1,36199	1,37009	1,38084
E	1,33548	1,33553	1,33558	1,34089	1,35457	1,35873	1,36441	1,37260	1,38340
b	1,33589	1,33597	1,33600	1,34133	1,35504	1,35916	1,36486	1,37308	1,38388
F	1,33730	1,33749	1,33749	1,34285	1,35662	1,36071	1,36644	1,37468	1,38552
$\overline{G}$	1,33930	1,33940	1,33939	1,34483	1,35868	1,36277	1,36842	1,37679	1,38756
G	1,34087	1,34093	1,34099	1,34637	1,36022	1,36437	1,37010	1,37846	1,38930
$\overline{H}$	1,34259	1,34257	1,34265	1,34810	1,36199	1,36610	1,37192	1,38022	1,39115
H	1,34377	1,34385	1,34387	1,34938	1,36329	1,36736	1,37321	1,38158	1,39243

	X. 47%,22	XI. 56%,25	XII. 63%,69	XIII. 71%,97	XIV. 81%,41	XV. 85%,93	XVI. 88%,97	XVII. 91%,43	XVIII. 94%,72
A	1,38630	1,39797	1,40819	1,41930	1,43049	1,43279	1,43151	1,42918	1,42684
a	1,38731	1,39898	1,40928	1,42042	1,43168	1,43385	1,43270	1,43035	1,42781
B	1,38823	1,39995	1,41016	1,42133	1,43263	1,43476	1,43357	1,43114	1,42868
C	1,38910	1,40082	1,41112	1,42227	1,43360	1,43579	1,43444	1,43198	1,42944
D	1,39131	1,40308	1,41342	1,42466	1,43596	1,43807	1,43669	1,43426	1,43163
E	1,39393	1,40574	1,41618	1,42740	1,43877	1,44081	1,43944	1,43701	1,43431
b	1,39444	1,40627	1,41669	1,42793	1,43928	1,44130	1,43996	1,43749	1,43484
F	1,39612	1,40793	1,41838	1,42967	1,44103	1,44311	1,44168	1,43922	1,43649
$\overline{G}$	1,39824	1,41013	1,42058	1,43186	1,44327	1,44534	1,44392	1,44144	1,43869
G	1,39998	1,41184	1,42233	1,43364	1,44507	1,44706	1,44569	1,44316	1,44037
$\overline{H}$	1,40184	1,41370	1,42421	1,43561	1,44703	1,44901	1,44759	1,44512	1,44229
H	1,40316	1,41514	1,42567	1,43696	1,44841	1,45040	1,44883	1,44640	1,44347

SUR LES
PRISMES ACHROMATIQUES CONSTRUITS
AVEC
UNE SEULE SUBSTANCE.

PAR

M. HOEK.

(Extrait des: Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen 1868, 2e Série, T. II, p. 195.)

Dans le cours d'une série de recherches, étant de ce domaine où se croisent les intérêts de l'optique et de l'astronomie, j'eus l'occasion de m'occuper de la théorie des prismes achromatiques. Je reconnus que, malgré l'assertion générale des Cours de Physique, il est possible, en combinant plusieurs prismes construits avec une même substance, de réaliser un achromatisme très-satisfaisant.

En effet, la déviation et la dispersion produites par un prisme, sont données par des expressions mathématiques différentes entre elles. D'où il suit qu'en employant trois prismes de même substance ayant des angles différents, il sera possible d'anéantir par le troisième prisme la dispersion produite par les deux autres, sans que cela ait lieu pour la déviation. J'ai ensuite reconnu qu'on peut construire ces systèmes achromatiques de plusieurs manières. Enfin, qu'il n'est pas même nécessaire d'employer trois prismes, attendu que deux suffisent pour parvenir au but proposé.

Le Mémoire suivant contient l'exposé mathématique de ces systèmes, une discussion sur l'achromatisme obtenu, enfin des

tables qui pourront guider le lecteur désirant construire un tel système.

---

§ 1. Formules générales.

Un rayon de lumière (Pl. VIII, fig. 1) parcourt une série de prismes suivant la ligne brisée B C D E F.

Nommons les angles d'incidence dans les points B, C, D, etc. successivement i, i_1, i_2, etc.; les angles de réfraction correspondants b, b_1, b_2, etc. Admettons que tous les angles i positifs soient situés du même côté des normales aux surfaces de séparation successives. Il s'en suivra que la même chose aura lieu pour les angles de réfraction. Convenons enfin de représenter les angles des prismes par les caractères g, g_1, g_2, etc.; leurs indices de réfraction absolus par n, n_1, n_2, etc.

Admettons enfin que le système de la figure 1 soit formé par cinq prismes, nous aurons pour ce système les formules connues:

$$\left.\begin{array}{ll} & \sin. b = \frac{1}{n} \sin. i \\ i_1 = b - g & \sin. b_1 = \frac{n}{n_1} \sin. i_1 \\ i_2 = b_1 - g_1 & \sin. b_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin. i_2 \\ i_3 = b_2 - g_2 & \sin. b_3 = \frac{n_2}{n_3} \sin. i_3 \\ i_4 = b_3 - g_3 & \sin. b_4 = \frac{n_3}{n_4} \sin. i_4 \\ i_5 = b_4 - g_4 & \sin. b_5 = n_4 \sin. i_5 = \sin. U \end{array}\right\} \quad . . (1)$$

où le caractère U est introduit pour désigner le dernier angle de réfraction, sous lequel le rayon de lumière quitte le système optique. En considérant comme quantités constantes l'angle i et tous les angles g, et en différentiant, on obtient:

$$\left.\begin{array}{ll}
 & \cos.b\,\delta\,b = -\sin.i\,\dfrac{\delta n}{n^2} \\
\delta i_1 = \delta b & \cos.b_1\,\delta b_1 = \dfrac{n}{n_1}\cos.i_1\,\delta i_1 + \sin.i_1\left(\dfrac{\delta n}{n_1} - n\,\dfrac{\delta n_1}{n_1{}^2}\right) \\
\delta i_2 = \delta b_1 & \cos.b_2\,\delta b_2 = \dfrac{n_1}{n_2}\cos.i_2\,\delta i_2 + \sin.i_2\left(\dfrac{\delta n_1}{n_2} - n_1\,\dfrac{\delta n_2}{n_2{}^2}\right) \\
\delta i_3 = \delta b_2 & \cos.b_3\,\delta b_3 = \dfrac{n_2}{n_3}\cos.i_3\,\delta i_3 + \sin.i_3\left(\dfrac{\delta n_2}{n_3} - n_2\,\dfrac{\delta n_3}{n_3{}^2}\right) \\
\delta i_4 = \delta b_3 & \cos.b_4\,\delta b_4 = \dfrac{n_3}{n_4}\cos.i_4\,\delta i_4 + \sin.i_4\left(\dfrac{\delta n_3}{n_4} - n_3\,\dfrac{\delta n_4}{n_4{}^2}\right) \\
\delta i_5 = \delta b_4 & \cos.\mathrm{U}\,\delta\,\mathrm{U} = n_4\cos.i_5\,\delta i_5 + \sin.i_5\,(\delta n_4)
\end{array}\right\} .(2)$$

ou bien:

$$\left.\begin{array}{l}
\delta i_1 = \delta b = -\,tg.b\,\dfrac{\delta n}{n} \\
\delta i_2 = \delta b_1 = \dfrac{n}{n_1}\,\dfrac{\cos.i_1}{\cos.b_1}\,\delta i_1 + tg.b_1\left(\dfrac{\delta n}{n} - \dfrac{\delta n_1}{n_1}\right) \\
\delta i_3 = \delta b_2 = \dfrac{n_1}{n_2}\,\dfrac{\cos.i_2}{\cos.b_2}\,\delta i_2 + tg.b_2\left(\dfrac{\delta n_1}{n_1} - \dfrac{\delta n_2}{n_2}\right) \\
\delta i_4 = \delta b_3 = \dfrac{n_2}{n_3}\,\dfrac{\cos.i_3}{\cos.b_3}\,\delta i_3 + tg.b_3\left(\dfrac{\delta n_2}{n_2} - \dfrac{\delta n_3}{n_3}\right) \\
\delta i_5 = \delta b_4 = \dfrac{n_3}{n_4}\,\dfrac{\cos.i_4}{\cos.b_4}\,\delta i_4 + tg.b_4\left(\dfrac{\delta n_3}{n_3} - \dfrac{\delta n_4}{n_4}\right) \\
\delta\,\mathrm{U} = n_4\,\dfrac{\cos.i_5}{\cos.\mathrm{U}}\,\delta i_5 + tg.\mathrm{U}\left(\dfrac{\delta n_4}{n_4}\right)
\end{array}\right\} \ldots\ldots.(3)$$

ou enfin, par suite de substitutions successives des valeurs δi, et par l'introduction des valeurs g d'après les formules (1):

$$\left.\begin{aligned}
\delta b &= -\, tg.b \frac{\delta n}{n} \\
\delta b_1 &= -\frac{sin.g}{cos.b\,cos.b_1}\frac{\delta n}{n_1} - tg.b_1 \frac{\delta n_1}{n_1} \\
\delta b_2 &= -\frac{cos.i_2\, sin.g}{cos.b\,cos.b_1\,cos.b_2}\frac{\delta n}{n_2} - \frac{sin.g_1}{cos.b_1\,cos.b_2}\frac{\delta n_1}{n_2} - tg.b_2 \frac{\delta n_2}{n^2} \\
\delta b_3 &= -\frac{cos.i_2\,cos.i_3\,sin.g}{cos.b\,cos.b_1\,cos.b_2\,cos.b_3}\frac{\delta n}{n_3} - \\
&\quad -\frac{cos.i_3\,sin.g_1}{cos.b_1\,cos.b_2\,cos.b_3}\frac{\delta n_1}{n_3} - \frac{sin.g_2}{cos.b_2\,cos.b_3}\frac{\delta n_2}{n_3} - tg.b_3\frac{\delta n_3}{n_3} \\
\delta b_4 &= -\frac{cos.i_2\,cos.i_3\,cos.i_4\,sin.g}{cos.b\,cos.b_1\,cos.b_2\,cos.b_3\,cos.b_4}\frac{\delta n}{n_4} - \\
&\quad -\frac{cos.i_3\,cos.i_4\,sin.g_1}{cos.b_1\,cos.b_2\,cos.b_3\,cos.b_4}\frac{\delta n_1}{n_4} - \frac{cos.i_4\,sin.g_2}{cos.b_2\,cos.b_3\,cos.b_4}\frac{\delta n_2}{n_4} - \\
&\quad -\frac{sin.g_3}{cos.b_3\,cos.b_4}\frac{\delta n_3}{n_4} - tg.b_4\frac{\delta n_4}{n_4} \\
\delta\,\mathrm{U} &= -\frac{cos.i_2\,cos.i_3\,cos.i_4\,cos.i_5\,sin.g}{cos.b\,cos.b_1\,cos.b_2\,cos.b_3\,cos.b_4\,cos.\mathrm{U}}\,\delta n - \\
&\quad -\frac{cos.i_3\,cos.i_4\,cos.i_5\,sin.g_1}{cos.b_1\,cos.b_2\,cos.b_3\,cos.b_4\,cos.\mathrm{U}}\,\delta n_1 - \\
&\quad -\frac{cos.i_1\,cos.i_5\,sin.g_2}{cos.b_2\,cos.b_3\,cos.b_4\,cos.\mathrm{U}}\,\delta n_2 - \\
&\quad -\frac{cos.i_5\,sin.g_3}{cos.b_3\,cos.b_4\,cos.\mathrm{U}}\,\delta n_3 - \frac{sin.g_4}{cos.b_4\,cos.\mathrm{U}}\,\delta n_4
\end{aligned}\right\} .(4)$$

formules dont la dernière peut servir à la discussion des questions d'achromatisme. En effet, pour avoir une première approximation, nous n'avons qu'à faire $\delta\ \mathrm{U} = 0$. Nous allons étudier cette condition pour des cas plus simples.

---

§ 2. Cas de trois prismes de même substance.

Admettons que dans la figure 1 le premier, le troisième et

le cinquième prisme soient taillés de la même substance, que le deuxième et le quatrième soient vides.

Nous aurons alors:

$$n = n_2 = n_4 \qquad n_1 = n_3 = 1$$
$$\delta n = \delta n_2 = \delta n_4 \qquad \delta n_1 = \delta n_3 = 0$$

relations, au moyen desquelles nos formules (1) et (4) se réduisent à celles-ci :

$$\left.\begin{array}{ll} & \sin. b = \frac{1}{n} \sin. i \\ i_1 = b - g & \sin. b_1 = n \sin. i_1 \\ i_2 = b_1 - g_1 & \sin. b_2 = \frac{1}{n} \sin. i_2 \\ i_3 = b_2 - g_2 & \sin. b_3 = n \sin. i_3 \\ i_4 = b_3 - g_3 & \sin. b_4 = \frac{1}{n} \sin. i_4 \\ i_5 = b_4 - g_4 & \sin. U = n \sin. i_5 \end{array}\right\} \quad \ldots \quad (5)$$

et:

$$\left.\begin{array}{l} \delta b = - tg.\, b \frac{\delta n}{n} \\ \delta b_1 = - \frac{\sin. g}{\cos. b \cos. b_1} \delta n \\ \delta b_2 = - \frac{\cos. i_2 \sin. g}{\cos. b \cos. b_1 \cos. b_2} \frac{\delta n}{n} - tg.\, b_2 \frac{\delta n}{n} \\ \delta b_3 = - \frac{\cos. i_2 \cos. i_3 \sin. g}{\cos. b \cos. b_1 \cos. b_2 \cos. b_3} \delta n - \frac{\sin. g_2}{\cos. b_2 \cos. b_3} \delta n \\ \delta b_4 = - \frac{\cos. i_2 \cos. i_3 \cos. i_4 \sin. g}{\cos. b \cos. b_1 \cos. b_2 \cos. b_3 \cos. b_4} \frac{\delta n}{n} - \\ \qquad - \frac{\cos. i_4 \sin. g_2}{\cos. b_2 \cos. b_3 \cos. b_4} \frac{\delta n}{n} - tg.\, b_4 \frac{\delta n}{n} \\ \delta U = - \frac{\cos. i_2 \cos. i_3 \cos. i_4 \cos. i_5 \sin. g}{\cos. b \cos. b_1 \cos. b_2 \cos. b_3 \cos. b_4 \cos. U} \delta n - \\ \qquad - \frac{\cos. i_4 \cos. i_5 \sin. g_2}{\cos. b^2 \cos. b_3 \cos. b_4 \cos. U} \delta n - \frac{\sin. g_4}{\cos. b_4 \cos. U} \delta n \end{array}\right\} (6)$$

Ainsi, le problème a été notablement simplifié. Il n'y a dans la dernière formule que deux quantités variables, savoir U et n. Nous commencerons par y appliquer la série de Taylor.

Pour cela, admettons que le rayon incident soit composé de deux espèces de lumière, pour lesquelles nos prismes ont les indices n et $n+\Delta$. Nommons l'angle U pour l'une des deux couleurs U_n, pour l'autre $U_{n+\Delta}$, nous aurons:

$$U_{n+\Delta} - U_n = \frac{\delta U}{\delta n}\Delta + \frac{1}{1.2}\frac{\delta^2 U}{\delta n^2}\Delta^2 + \frac{1}{1.2.3}\frac{\delta^3 U}{\delta n^3}\Delta^3 + \text{etc.} \quad (7)$$

L'achromatisme exige que $U_{n+\Delta} = U_n$ et nous aurons donc une première approximation, en faisant $\frac{\delta U}{\delta n} = 0$; une seconde approximation, en faisant $\frac{\delta U}{\delta n} = \frac{\delta^2 U}{\delta n^2} = 0$, et ainsi de suite. Un achromatisme complet exigerait que toutes les différentielles successives de U par rapport à n, sans exception, fussent zéro.

Ce qui reste de dispersion dépend principalement de la première différentielle qui n'est pas zéro. Nous nommerons le spectre résultant, spectre du premier ordre quand $\frac{\delta U}{\delta n}$ a une valeur sensible; spectre du second ordre, quand il dépend de la valeur $\frac{\delta^2 U}{\delta n^2}$; spectre du troisième ordre, celui qu'on obtiendrait dans le cas que les deux premières différentielles fussent zéro, et ainsi de suite.

Nous avons donc besoin de connaître l'expression générale de $\frac{\delta^2 U}{\delta n^2}$. Pour la calculer avec facilité, écrivons la dernière formule (6):

$$\frac{\delta U}{\delta n} = - P - Q - Q$$

nous aurons

$$\frac{\delta^2 U}{\delta n^2} = -\frac{\delta P}{\delta n} - \frac{\delta Q}{\delta n} - \frac{\delta R}{\delta n}.$$

Les quantités P, Q et R contiennent des facteurs des deux formes:

$$p = \frac{1}{cos.\ b_m} \qquad \text{et} \qquad q = \frac{cos.\ i_{m+1}}{cos.\ b_m}$$

dont les différentielles sont:

$$\frac{\delta p}{\delta n} = \frac{1}{cos.\ b_m}\ tg.\ b_m \frac{\delta b_m}{\delta n} = p\ tg.\ b_m \frac{\delta b_m}{\delta n}$$

$$\frac{\delta p}{\delta n} = \frac{sin.\ (b_m - i_{m+1})}{cos.^2\ b_m}\ \frac{\delta b_m}{\delta n} = q.\ \frac{sin.\ g_m}{cos.\ b_m\ cos.\ i_{m+1}}\ \frac{\delta b_m}{\delta n}$$

ce qui nous permet d'écrire immédiatement:

$$\begin{aligned}\frac{\delta^2 U}{\delta n_2} = - P\Big\{ tg.\ b\ \frac{\delta b}{\delta n} + \frac{sin.\ g_1}{cos.\ b_1\ cos.\ i_2}\ \frac{\delta b_1}{\delta n} + \frac{sin.\ g_2}{cos.\ b_2\ cos.\ i_3}\ \frac{\delta b_2}{\delta n} + \\ + \frac{sin.\ g_3}{cos.\ b_3\ cos.\ i_4}\ \frac{\delta b_3}{\delta n} + \frac{sin.\ g_4}{cos.\ b_4\ cos.\ i_5}\ \frac{\delta b_4}{\delta n}\Big\} - \\ - Q\Big\{ tg.\ b_2\ \frac{\delta b_2}{\delta n} + \frac{sin.\ g_3}{cos.\ b_3\ cos.\ i_4}\ \frac{\delta b_3}{\delta n} + \frac{sin.\ g_4}{cos.\ b_4\ cos.\ i_5}\ \frac{\delta b_4}{\delta n}\Big\} \\ - R\Big\{ tg.\ b_4\ \frac{\delta b_4}{\delta n}\Big\} - (P + Q + R)\ tg.\ U \frac{\delta U}{\delta n}.\end{aligned}$$

formule qui, dans le cas que $P + Q + R = 0$, donne sans peine la suivante:

$$\frac{\delta_2 U}{\delta n_2} = \left. \begin{aligned} - P\Big\{ tg.\ b \frac{\delta b}{\delta n} + \frac{sin.\ g_1}{cos.\ b_1\ cos.\ i_2}\ \frac{\delta b_1}{\delta n} - tg.\ i_3\ \frac{\delta b_2}{\delta n}\Big\} \\ - R\Big\{ - tg.\ l_2\ \frac{\delta b_2}{\delta n} - \frac{sin.\ g_3}{cos.\ b_3\ cos.\ i_4}\ \frac{\delta b_3}{\delta n} + tg.\ i_5\ \frac{\delta b_4}{\delta n}\Big\} \end{aligned} \right\} . \quad (8)$$

---

§ 3. Cas de trois prismes de même substance. — Première solution du problème.

Reprenons le dernier système (6) que nous faisons égal à zéro. Ajoutons à cette relation les formules (5). Cela fait douze relations entre dix-huit quantités arbitraires, savoir: les six angles d'incidence i, les six angles de réfraction b, les cinq angles des prismes g, et l'indice n. On est donc à même d'y satisfaire de plusieurs manières.

Nous allons introduire quatre conditions arbitrairement choisies, ce qui nous permettra d'obtenir par élimination une relation entre trois quantités, constantes arbitraires.

Les conditions nouvelles seront:

$g = g_4$ c'est-à-dire que les deux prismes extérieurs ont le même angle;

$g_1 = g_3$ c'est-à-dire qu'ils ont des positions symétriques par rapport au prisme du milieu;

$\left.\begin{matrix} i_1 = -b \\ i_3 = -b_2 \end{matrix}\right\}$ c'est-à-dire que les deux premiers prismes en verre ont pour la lumière la position de déviation minima.

Il s'en suit d'après les formules (5) qu'encore le dernier prisme aura cette même position, c'est-à-dire qu'on aura:

$$\left.\begin{matrix} i = i_4 = -b_1 = -U & i_2 = -b_3 & g = 2b = -2i_1 = g_4 \\ b = b = -i_1 = -i_5 & b_2 = -i_3 & g_2 = 2b_2 = -2i_3 \end{matrix}\right\} \quad (9)$$

On obtient alors:

$$\left.\begin{matrix} \text{pour la quantité P} & P_0 = \dfrac{sin.\, g}{cos.\, i\; cos.\, i_1} \\ \text{,, ,, ,, Q} & Q_0 = \dfrac{sin.\, g_2}{cos.\, i_2\; cos.\, i_3} \\ \text{,, ,, ,, R} & R_0 = \dfrac{sin.\, g}{cos.\, i\; cos.\, i_1} = \dfrac{2}{n}\, tg.\, i \end{matrix}\right\} . \quad (10)$$

et la première approximation de l'achromatisme exige donc que:

$$\delta U = 0 = -2\, \frac{sin.\, g}{cos.\, i\; cos.\, i_1} - \frac{sin.\, g_2}{cos.\, i_2\; cos.\, i_3}$$

ou, d'après les formules (9)

$$sin.\, \tfrac{1}{2}\, g_2\; cos.\, i = -\, 2\; sin.\, \tfrac{1}{2}\, g\; cos.\, i_2 \quad . \; . \; . \; . \quad (11)$$

expression qui indique que g_2 aura un signe autre que celui de g, ou, en d'autres termes, que le prisme du milieu aura son angle tourné de l'autre côté que les deux prismes extérieurs. Cette position lui a été donnée dans la figure 2.

Pour obtenir la valeur g_2 élevons au carré l'équation (11) et, en y introduisant

$$cos.^2\, i = 1 - n^2\, sin.^2\, \tfrac{1}{2} g \qquad cos.^2\, i_2 = 1 - n^2\, sin.^2\, \tfrac{1}{2} g_2$$

nous aurons

$$sin.\, \tfrac{1}{2} g_2 = -\frac{2\, sin.\, \tfrac{1}{2} g.}{\sqrt{1 + 3n^2\, sin.^2\, \tfrac{1}{2} g}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

La formule (11) s'écrit encore de la manière suivante:

$$tg.i_2 + 2\, tg.i = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (13)$$

qui donne i_2 dès que g et n, et par suite i, sont connus.

Quel est maintenant le degré d'achromatisme obtenu par un système de prismes qui est caractérisé par la formule (12) ou (13)?

Pour répondre à cette question reprenons les formules (6) dont les valeurs entrent dans l'expression de $\frac{\delta^2 U}{\delta n_2}$. Elles deviennent dans ce cas:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\delta b}{\delta n} = +\frac{1}{n}\, tg.i_1 \qquad \frac{\delta b_1}{\delta n} = -R_0 \\
&\frac{\delta b_2}{\delta n} = -\frac{1}{n\, cos.i_3} \left\{ \frac{2\, sin.\tfrac{1}{2} g\, cos.i_2}{cos.i} + sin.\, \tfrac{1}{2} g_2 \right\} = 0 \\
&\frac{\delta b_3}{\delta n} = +R_0 \quad \frac{\delta b_4}{\delta n} = \frac{1}{n} \left\{ tg.i_1 + R_0\, \frac{cos.i}{cos.i_1} \right\} = -\frac{1}{n}\, tg.i_1
\end{aligned}\right\} (14)$$

valeurs, dont la substitution dans la formule (8) donne:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\delta^2 U}{\delta n^2} &= -R_0 \left\{ 2\, \frac{sin.g_1}{cos.i\, cos.i_2}\, \frac{\delta b_1}{\delta n} - 2\, tg.i_1\, \frac{\delta b}{\delta n} \right\} \\
&= +R_0 \left\{ -2 R_0 (tg.i + tg.i_2) + \frac{2}{n}\, tq.^2\, i_1 \right\} \\
&= \frac{4}{n^2}\, tg.i \left\{ 2\, tg.^2 i + tg.^2 b \right\}
\end{aligned}\right\} \ldots\ldots (15)$$

Nous voilà donc en état de juger de la combinaison que nous

venons de projeter; $\frac{\delta U}{\delta n}$ est $= 0$, et $\frac{\delta^2 U}{\delta n^2}$ a une valeur positive. Il y aura donc un minimum de U pour la valeur de n qu'on fait entrer dans le calcul de la formule (12) ou (13).

D'abord le spectre du premier ordre a été éliminé. Ensuite nous sommes en état, en choisissant convenablement la valeur de n, de replier sur lui-même le spectre du second ordre dont l'extension se calcule au moyen de l'une ou l'autre des formules (15).

Mais, avant de procéder à ces calculs, une dernière remarque sur la figure (2). Tout étant symétrique dans cette figure, la ligne M M, qui divise en deux parties égales le prisme du milieu, donnera deux systèmes plus simples mais dont chacun doit satisfaire à la condition d'achromatisme. En effet, il est nécessaire que dans le prisme du milieu tous les rayons de diverses couleurs se propagent dans une direction normale à la ligne M M. Nos calculs ont déjà confirmé ce raisonnement en nous donnant parmi les formules (14) la valeur $\frac{\delta b_2}{\delta n} = 0$. En outre, on le vérifierait facilement en posant le problème de deux prismes, le premier dans la position de déviation minima, le second dans une position telle que $i_3 = b_3 = 0$. La quatrième formule (6) nous ramènerait alors immédiatement à la condition (11).

Pour obtenir la dispersion dans ce cas, écrivons la formule mentionnée

$$\frac{\delta b_3}{\delta n} = -S - T = 0.$$

Sa différentielle devient:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\delta^2 b_3}{\delta n^2} = -S \Big\{ tg.b \frac{\delta b}{\delta n} + \frac{sin.g_1}{cos.b_1\, cos.i_2} \frac{\delta b_1}{\delta n} + \\ + \frac{sin.g_2}{cos.b_2\, cos.i_3} \frac{\delta b_2}{\delta n} + tg.b_3 \frac{\delta b_3}{\delta n} \Big\} \\ - T \Big\{ tg.b_2 \frac{\delta b}{\delta n} + tg.b_3 \frac{\delta b_3}{\delta n} \Big\}\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (16)$$

ou, dans le cas actuel, si l'on y introduit les valeurs de $\frac{\delta b}{\delta n}$ et de $\frac{\delta b_1}{\delta n}$ d'après les formules (6), celle de $\frac{\delta b_2}{\delta n}$ d'après les formules (14), et encore les relations $i_3 = b_3 = 0$:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\delta^2 b_3}{\delta n_2} &= S \left\{ \frac{1}{n}\ tg^2\, b + \frac{sin.g_1}{cos.b_1\, cos.i_2}\ \frac{sin.g}{cos.i\, cos.i_1} \right\} \\ &= \frac{S}{n} \left\{ tg.^2 b + 2\ tg.^2 i \right\} \\ &= \frac{2}{n_2}\ tg.i\ \frac{cos.i_2}{cos.b_2} \left\{ 2\ tg.^2 i + tg.^2 b \right\}\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ (17)$$

Ceci étant établi, nous faisons suivre quelques tables numériques qui serviront à démontrer à la fois les propriétés des deux systèmes achromatiques que nous venons de faire connaître.

---

§ 4. Tables numériques pour la première solution du problème.

TABLE I, donnant l'angle g_2 pour quelques valeurs connues de l'angle g et de l'indice n.

Formules: $sin.i = n\ sin.\ \frac{1}{2}\ g\quad tg.i_2 + 2\ tg.i = 0\quad sin.\ \frac{1}{2}\ g_2 = \frac{1}{n}\ sin.i_3$.

$g=$ / $n=$	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°
1.3	53°12′	59°44′	65°36′	70°50′	75°30′	79°36′	83°14′	86°24′	89°14′	91°44′	93°54′
1.5	50 52	56 34	61 30	65 44	69 22	72 30	75 10	77 28	79 28		
1.7	48 38	53 32	57 38	61 4	63 58	66 22	68 22				
1.9	46 26	50 36	54 2	56 50	59 8	61 0					
2.1	44 16	47 54	50 46	53 4	54 54						

TABLE II, donnant la déviation D pour chacune des combinaisons de la Table I.

Formule: $D = 4\,(i - \frac{1}{2}\,g) + 2\,(i_2 - \frac{1}{2}\,g_2) \ldots$ i_2 négatif avec g_2

$g=$ / $n=$	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°
1.3	0°46′	1° 4′	1°38′	2°22′	3°18′	4°30′	6° 2′	7°54′	10°14′	13°12′	17° 2′
1.5	2 2	3 10	4 48	6 54	9 30	12 52	17 6	22 36	29 52		
1.7	4 12	6 34	9 48	13 58	19 18	26 18	35 40				
1.9	7 20	11 20	16 52	23 56	33 32	46 54					
2.1	11 18	17 36	26 6	37 36	54 14						

TABLE III, donnant la dispersion du système de trois prismes au moyen de l'arc dont le sinus est $0.00005 \frac{\delta^2 U}{\delta n_2}$. — Formule (15).

$g=$ / $n=$	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°
1.3	0′ 3″	0′ 5″	0′ 8′	0′12″	0′17″	0′26″	0′38″	0′55′	1′22″	2′ 4″	3′18″
1.5	0 3	0 5	0 9	0 15	0 23	0 37	1 0	1 42	3 11		
1.7	0 4	0 7	0 12	0 20	0 35	1 3	2 8				
1.9	0 5	0 9	0 16	0 30	0 59	2 27					
2.1	0 6	0 11	0 22	0 48	2 17						

TABLE IV, donnant la dispersion du système de deux prismes au moyen de l'arc dont le sinus est $0.00005 \frac{\delta^2 b_3}{\delta n^2}$. — Formule (17).

$g=$ / $n=$	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°
1.3	1′	2″	3″	5″	7″	9″	13″	17″	23″	32″	45″
1.5	1	2	3	5	8	11	15	23	35		
1.7	2	3	4	6	9	14	23				
1.9	2	3	5	7	12	22					
2.1	2	3	5	9	19						

Quant à l'extension qu'on a donnée à ces tables, on a admis pour principe de les faire cesser là où les angles d'incidence qui entrent dans la solution du problème atteignent la limite de 70° à 75°. Elles embrassent donc tous les cas qui pourront avoir quelque utilité pour la pratique, et elles peuvent servir à fixer le choix sur un système qu'on voudrait calculer avec plus d'extension.

L'emploi de ces tables est assez simple. Admettons qu'on possède l'espèce de flint que l'on rencontre dans le tableau des indices donné par Dutirou, savoir celle sortie de la fabrique de Guinand et constituée de la manière suivante :

$n_b = 1.6910$	$n_e = 1.7025$
$n_c = 1.6925$	$n_f = 1.7076$
$n_d = 1.6968$	$n_g = 1.7175$

On trouve : dans la Table I, que, pour $n = 1.7$, on devra ajouter à deux prismes de 60° un prisme milieu de 68° 22′ pour éliminer le spectre du premier ordre ;

dans la Table II, que ce système donnera une déviation de 35° 40′ ;

dans la Table III, que pour $\Delta = 0.01$ la différence $U_{n+\Delta} - U_n$ a une valeur de 2′ 8″, d'où il suit que pour toute autre quantité Δ_1 cette valeur est $\left(\frac{\Delta_1}{0.01}\right)^2$ fois plus grande.

Quant au système de deux prismes, moitié du premier, à un prisme de 60° il faudra ajouter un second d'un angle de 34° 11′, et on aura un système dont la déviation est de 17° 50′. Dans ce cas le spectre du second ordre aura, d'après la Table IV, l'extension de 23″ pour $\Delta = 0.01$.

Pour mieux fixer les idées, admettons que la lumière d'un seul point du soleil ait traversé ce second système, et qu'après avoir quitté la dernière face suivant la normale, elle soit reçue dans une lunette astronomique.

L'image de ce point lumineux sera étalé en spectre, mais d'une manière particulière. Nettement défini d'un côté, P (fig. 3), il sera diffus de l'autre. Le pont P aura un maximum d'intensité formée par la lumière de $n = 1.70$. A une distance de 1′.5

de ce point il y aura superposition des deux espèces de lumière 1.7025 et 1,6975;

à 5″.8	de distance,	superposition	de	1.7050	et	1.6950.
„ 13	„	„	„	„ 1.7075	„	1.6925.
„ 23	„	„	„	„ 1.7100	„	1.6900.

Presque toute la lumière comprise entre les raies D et E sera donc réunie dans le champ de la lunette suivant une ligne de 1″.5 de longueur; toute la lumière comprise entre C et D et entre E et F occupera un espace de 11″.5, et ainsi de suite.

L'intensité diminuera rapidement et sera bientôt peu sensible en présence du point P. En effet, la lumière solaire présente un maximum d'intensité entre les raies D et E et les intensités de son spectre sont à-peu-près proportionnelles aux nombres suivants:

maximum d'intensité entre. . . .	D et	F	= 23.5
intensité moyenne près des raies	D „	E	= 16.5
„ „ „ „ „	C „	F	= 5.5
„ „ „ de la raie		B	= 2.5
„ „ „ „ „ „		G	= 1.0

D'où il suit par un calcul assez simple que dans notre figure 3 les rapports des intensités seront à-peu-près indiqués par les nombres suivants:

intensité près du point	P	= 24 [1]).
„ „ „ „	D . E	= 12
„ „ „ „	C . F	= 1.5
„ „ „ „	B	= 0.7
„ „ „ „	G	= 0.06

[1]) Il est évident maintenant avec quelle valeur de n il faut, de préférence, calculer le système. Le spectre du second ordre se replie sur lui-même dans la couleur dont l'indice n est entré dans le calcul de la formule (12) ou (13).

Pour notre flint nous avions à choisir entre les limites 1.69 et 1.72, mais il y a eu un avantage réel à adopter la valeur 1,70, qui correspond au maximum d'intensité situé entre les raies D et E. Il y a coopération maintenant de l'intensité maxima de la lumière solaire, avec le maximum d'intensité que le point P montrerait encore dans le cas que tous les rayons lumineux eussent la même intensité.

En général, on peut dans ces spectres du second ordre faire varier le point P, le mélange des couleurs, et la concentration de la lumière d'une infinité de manières. Présenteraient-ils peut-être un moyen d'étudier quelques questions d'intensité de la lumière et de sensibilité de l'œil?

Quoique ces nombres ne possèdent qu'un caractère d'approximation, ils suffisent à nous faire juger de cet achromatisme. Il en résulte que cette combinaison sera parfaitement achromatique à l'œil nu; que son défaut d'achromatisme sera presque insensible pour les lunettes d'un grossissement modéré; qu'enfin pour les lunettes astronomiques auxquelles on impose un grossissement considérable, il y aura un spectre du second ordre de peu d'extension et de peu d'intensité. Mais il importe de remarquer que même, dans beaucoup de cas, la présence de ce spectre n'aura aucun inconvénient. Savoir, dans tous les cas où l'on voudrait effectuer des mesures sur des images de construction simple comme celles d'une étoile ou d'une fente. Ces images montreront du côté du point P une précision admirable.

Enfin, on peut dire les mêmes choses du système double, c'est-à-dire de celui composé de trois prismes. Le spectre du second ordre aura dans ce cas une extension 5,5 fois plus grande, mais il présentera le même caractère pour la répartition des intensités.

§ 5. Calculs plus exacts.

Il m'a paru intéressant de calculer plus exactement quelques-unes de ces combinaisons. Je vais en donner les résultats.

I. Calcul plus exact du système discuté dans le paragraphe précédent. Soit

$g = g_4 = 60°$ $g_2 = -68° 22' 17.''4$ $g_1 = g_3 = 14° 34' 17.''7$

soit

$i = 58° 12' 42.''0$ et n successivement 1.68, 1.69, 1.70, 1.71 et 1.72.

Le calcul donne:

n	b	b_1	b_2	b_3
1.68	30° 23′ 40″.5	— 56° 5′ 40″.9	— 34° 10′ 17″.9	70° 47′ 13″.8
1.69	30 11 45.4	— 57 8 20.5	— 34 10 55.5	71 44 36.1
1.70	30 0 0.0	— 58 12 42.0	— 34 11 8.7	72 46 59.7
1.71	29 48 24.2	— 59 18 56.0	— 34 10 55.0	73 55 33.4
1.72	29 36 58.0	— 60 27 14.7	— 34 10 13.8	75 11 47.7

n	b_4	U	D
1.68	29° 39′ 5″.5	— 58° 5′ 6″.0	35° 31′ 30″.0
1.69	29 48 58.2	— 58 10 41.3	35 37 5.3
1.70	30 0 0.0	— 58 12 42.0	35 39 6.0
1.71	30 12 24.0	— 58 10 26.2	35 36 50.2
1.72	30 26 26.0	— 58 2 56.6	35 29 20.6

Pour $n = 1.70$ il y a donc mininum de U, maximum de déviation. Quant à la dispersion, il est aisé de contrôler les indications de la Table III. Nommons dans la formule (7)

$$\frac{1}{1.2}\left(\frac{\delta^2 U}{\delta n^2}\right)(0.01)^1 = \alpha \qquad \frac{1}{1.2.3}\left(\frac{\delta^3 U}{\delta n^3}\right)(0.01)^3 = \beta, \text{ etc.}$$

Nous aurons, d'après les valeurs précédentes de U, les quatre équations suivantes:

$$\begin{aligned} 2'\ 0.''7 &= \alpha - \beta + \gamma \\ 2\ 15.8 &= \alpha + \beta + \gamma \\ 7\ 36.0 &= 4\alpha - 8\beta + 16\gamma \\ 9\ 45.4 &= 4\alpha + 8\beta + 16\gamma \end{aligned}$$

qui donnent

$$\alpha = 2'\ 7.''6 \quad \beta = 8'' \quad \gamma = 0.''6$$

Pour α la Table III nous donne 2′ 8″, et la valeur de β indique que les termes du troisième ordre se font sentir dans cet exemple.

II. Reste le système de deux prismes, moitié du précédent. Pour le calculer, conservons les angles g, g_1, i, b, i_1, b_1, i_2 et b_2, mais réduisons l'angle g_2 du second prisme à la moitié de ce qu'il était précédemment.

Nous aurons:

n	b_3	D
1.68	0° 1′ 27″.9	17° 48′ 5″.1
1.69	0 0 22.4	17 49 10.6
1.70	0 0 0.0	17 49 33.0
1.71	0 0 23.3	17 49 9.7
1.72	0 1 33.3	17 47 59.7

Dans ce cas on trouve:

$$\alpha = 22.''9 \qquad \beta = 0.''4$$

tandis que la Table IV donne $\alpha = 23''$, valeur qui nous a servi déjà dans la discussion d'où résulte la figure 3.

Pour ce dernier système s'élève la question suivante. On peut en général l'employer de deux manières, en présentant à la lumière la face considérée jusqu'ici comme la première, ou bien, en lui présentant d'abord la face qui était la dernière jusqu'ici et dans laquelle le rayon entrera alors suivant la normale. Il est clair qu'il n'y a aucune différence entre ces deux positions pour la déviation, mais on peut se demander s'il en est de même de l'achromatisme.

Pour répondre à cette question, il suffit de considérer dans les formules générales (5), (6) et (8) le premier prisme comme absolument vide, et de faire $i_2 = b_2 = 0$, ce qui donne

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\delta U}{\delta n} = -\frac{\cos. i_4 \cos. i_5 \sin. g_2}{\cos. b_3 \cos. b_4 \cos. U} - \frac{\sin. g_4}{\cos. b_4 \cos. U} = -Q - R = 0\\
&\frac{\delta b}{\delta n} = \frac{\delta b_1}{\delta n} = \frac{\delta b_3}{\delta n} = 0\\
&\frac{\delta^2 U}{\delta n^2} = -R\left\{-\frac{\sin. g_3}{\cos. b_3 \cos. i_4}\frac{\delta b_3}{\delta n} + tg.\ i_5 \frac{\delta b_4}{\delta n}\right\}
\end{aligned}\right\} \quad (18)$$

valeur, qui est exactement la moitié de celle donnée par la première formule (15), ce qu'on reconnaît aisément en introduisant dans celle-ci les relations (9) et (14).

Le système binaire dans sa nouvelle position est donc exactement la moitié du système ternaire, non-seulement pour sa forme et sa déviation, mais encore pour son achromatisme.

Nous allons encore démontrer ce point par un exemple de calcul:

III. Prenons le système dans sa nouvelle position.

Faisons

$$g = 34°\ 11'\ 8.''7 \quad g_1 = 14°\ 34'\ 17.''7 \quad g_2 = 60° \quad i = b = 0$$

nous aurons

n	b_1	b_2	U	D
1.68	70° 43′ 35″.8	29° 37′ 42″.1	— 58° 8′ 54″.0	17° 45′ 45″.0
1.69	71 43 37.0	29 48 36.3	— 58 11 42.0	17 48 33.0
1.70	72 46 59.7	30 0 0.0	— 58 12 42.0	17 49 33.0
1.71	73 54 23.4	30 11 59.9	— 58 11 34.0	17 48 25.0
1.72	75 6 42.7	30 24 45.0	— 58 7 50.1	17 44 41.1

$$\alpha = 1' \, 4'' \qquad \beta = 4''$$

où donc α et β sont dûment la moitié de celles qu'avait données le calcul I, et beaucoup plus grandes que dans le calcul II. Cette nouvelle position est donc moins favorable. Il lui manque le facteur $\frac{cos.\ i_2}{cos.\ b_2}$ de la formule (17), facteur qui réduit notablement la dispersion inhérente au système, surtout dans les cas d'un n très-grand.

Quant à ce dernier point les tables I à IV indiquent assez clairement l'avantage des indices de réfraction considérables, non-seulement pour la déviation qu'on peut atteindre, mais encore pour l'achromatisme.

En effet, si l'on possédait des espèces de verre d'un indice de 2.1 on pourrait, au moyen d'un système ternaire, produire une déviation de 35° avec une dispersion probablement inférieure de beaucoup à celle de notre calcul I. J'ai encore calculé un tel système, dont voici les nombres principaux:

IV. Soit

$g = g_4 = 44° \, 20' \quad g_2 = -52° \, 46' \, 9.''0 \quad g_1 = g_3 = 16° \, 32' \, 21.''9$;

soit

$i = 52° \, 24' \, 15.''1$ et n successivement 2.08, 2.09, 2.10. 2.11 et 2.12;

il vient:

n	b	b_1	b_2	b_3
2.08	22° 23′ 28″.7	— 51° 0′ 27″.5	— 26° 22′ 48″.3	67° 35′ 27″.6
2.09	22 16 42.2	— 51 42 3.1	— 26 23 0.4	68 15 6.3
2.10	22 10 0.0	— 52 24 15.1	— 26 23 4.5	68 56 37.0
2.11	22 3 21.9	— 53 7 6.2	— 26 23 0.3	69 40 13.8
2.12	21 56 47.8	— 53 50 35.6	— 26 22 47.1	70 26 14.5

n	b_4	U	D
2.08	21° 57′ 22″.9	— 52° 21′ 32″.6	35° 47′ 12″.9
2.09	22 3 31.0	— 52 23 33.2	35 49 13.5
2.10	22 10 0.0	— 52 24 15.1	35 49 55.4
2.11	22 16 52.1	— 52 23 30.4	35 49 10.7
2.12	22 24 10.5	— 52 21 7.2	35 46 47.5

$$\alpha = 43.''5 \qquad \beta = 1.''5$$

La valeur α a diminué ici par deux causes. D'un côté nous avons dans nos calculs diminué le facteur $\left(\frac{\Delta n}{n}\right)^2$, en conservant intact Δn et en augmentant l'indice n. De l'autre côté le facteur $tg^3\, i$ qui est le terme principal des formules (15) et (17) devient notablement plus petit pour les n plus grands, dès qu'on conserve la déviation du système. Dans nos calculs I et IV ce facteur avait les valeurs 4.2 et 2.2. D'où il suit que, si l'on pouvait construire des verres de 2.1 d'indice, et avec la même relation $\frac{\Delta n}{n}$ qui a lieu pour le flint, on réduirait le spectre du second ordre à une extension égale à $\frac{2.2}{4.2} = 0.5$ fois celle de la figure 2.

Je présume que des verres plus réfringents que ceux qu'on connaît aujourd'hui, auraient encore des avantages pour la construction des lunettes. Mais je me contenterai d'avoir indiqué ce problème pratique qui pourrait fournir un sujet d'études à un physicien bien versé dans les sciences chimiques.

§ 6. Cas de trois prismes de même substance. — Seconde solution du problème.

Le système calculé dans le § 3 et représenté dans la figure 2 n'est qu'un cas particulier d'une solution beaucoup plus générale. Admettons qu'il y ait un nombre de $2m-1$ prismes, tous taillés de la même espèce de verre, et tous placés dans la position de déviation minima. Donnons à m de ces prismes l'angle g, aux $m-1$ autres l'angle g_2 et plaçons les alternativement.

La dernière formule (6) devient alors:

$$\frac{\delta U}{\delta n} = -m \frac{sin.\, g}{cos.\, b\, cos.\, b_1} - (m-1) \frac{sin.\, g_2}{cos.\, b_2\, cos.\, b_3} \quad \ldots\ldots\ldots (19)$$

et la condition $\delta U = 0$ prend alors les formes:

$$m.\, tg.\, i + (m-1)\, tg.\, i_2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots (20)$$

et

$$sin.\, \tfrac{1}{2} g_2 = - \frac{m\, sin.\, \frac{1}{2} g}{\sqrt{\{(m-1)^2 + n^2\,(2m-1)\, sin.^2\, \frac{1}{2} g\}}} \quad \ldots\ldots (21)$$

formules qui pour $m = 2$ nous ramènent aux formules (13) et (12).

Pour $m = 3$ on a un système de 5 prismes; pour $m = 4$, de 7 prismes; et ainsi de suite. Remarquons que tous les systèmes étant symétriques, chacun d'eux peut être divisé en deux systèmes achromatiques par une ligne de séparation analogue à la ligne M M de la figure 2.

Il y a peu d'intérêt à calculer ces systèmes compliqués dont on ne fera certainement aucun usage dans la pratique. Cependant un seul système pourrait faire exception, celui de 3 prismes, système moitié de celui qui a $m = 3$. (voyez la figure 4).

Pour ce système, je n'ai calculé qu'une seule série de valeurs, correspondant à l'indice $n = 1.70$.

Je trouve:

$g =$	30°	40°	50°	60°
l'angle g_2	40° 48′	50° 58′	59° 14′	65° 52′
la déviation	1° 28′	3° 37′	7° 41′	15° 25′
$0.00005 \; \frac{\delta^2 U}{\delta n^2}$	1″	3″	8″	25″

Ces combinaisons, comme les précédentes, satisfont à la condition que les angles d'incidence ne surpassent pas les 70 à 75 degrés. Les formules qui ont servi à les calculer sont les suivantes:

$$sin.i = n \; sin. \tfrac{1}{2} g \qquad 3 \; tg.i + 2 \; tg.i_2 = 0 \qquad sin. \tfrac{1}{2} g_2 = \frac{1}{n} \; sin.i_2$$

$$2 \, D = 3 \, (i - \tfrac{1}{2} g) + 2 \, (i_2 - \tfrac{1}{2} g_2)$$

$$\frac{\delta^2 U}{\delta n^2} = \frac{tg.b}{n} \{2 \; tg.^2 \, b + \tfrac{5}{2} \; tg.^2 \, i - \tfrac{1}{3} \; tg.^2 \, b_2\} \; \ldots\ldots\ldots\ldots (21)$$

dont on obtient la dernière en substituant dans la formule (8)

$$\frac{\delta b}{\delta n} = - \frac{1}{n} \; tg.b \qquad \frac{\delta b^1}{\delta n} = - \frac{2}{n} \; tg.i \qquad \frac{\delta b_2}{\delta n} = - \frac{1}{n} \frac{cos.i_2}{cos.b_2} \frac{tg.i}{2 \, n}$$

$$\frac{\delta b_3}{\delta n} = + \frac{1}{n} \; tg.i \qquad \frac{\delta b_4}{\delta n} = \frac{\delta U}{\delta n} = 0 \qquad R = \tfrac{1}{2} P = tg.b$$

et en introduisant dans les réductions celles des formules (9) qui peuvent être employées dans ce cas.

On aura déjà vu que cette combinaison donne en général des déviations plus petites et des dispersions à-peu-près égales quand on la compare au système de deux prismes. Ce dernier paraît donc être le plus favorable qu'on puisse construire, et il semble qu'il n'y a aucune raison de lui préférer des systèmes plus compliqués.

DÉTERMINATION

DE LA

VITESSE AVEC LAQUELLE EST ENTRAÎNÉE

UNE

ONDE LUMINEUSE TRAVERSANT UN MILIEU EN MOUVEMENT

PAR

M. HOEK.

(Extrait des: *Verslagen en Mededeelingen der Koninkl. Akademie van Wetenschappen*, 1868, 2e Série, T. II, pag. 189.)

Déjà depuis quelques années je désirais vivement connaître exactement la vitesse avec laquelle est entraînée une onde lumineuse, qui se propage dans un milieu doué d'un mouvement de translation. Dans mes études ayant pour objet *l'influence des mouvements de la terre sur les phénomènes fondamentaux de l'optique dont se sert l'astronomie* [1]), j'avais admis avec Fresnel que cette vitesse est donnée par la formule $\varepsilon\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$, où ε est la vitesse du milieu, n son indice de réfraction absolu. J'ai alors reconnu que cette relation était nécessaire non-seulement pour expliquer la célèbre expérience d'Arago, qui l'a fait introduire dans la science, mais encore pour rendre compte de la circonstance qu'en astronomie on ne rencontre pas des perturbations particulières, liées à l'emploi d'un prisme dans les lunettes brisées.

Déjà M. Fizeau, en chassant une colonne d'eau par le double tube d'Arago, avait démontré que la relation mentionnée devait être exacte à $\frac{1}{7}$ près. C'était un premier essai de mesurer cette quantité qui paraît destinée à jouer un grand rôle dans

---

[1]) *Recherches astronomiques de l'observatoire d'Utrecht*, livraison I.

la théorie de l'optique, et dont la connaissance exacte est d'un grand intérêt pour l'astronomie.

En modifiant l'expérience faite par M. Fizeau, j'ai réussi à y faire intervenir la vitesse de révolution de la terre, ce qui donne l'avantage de simplifier l'instrument et l'occasion de déterminer avec plus de precision le coefficient d'entraînement.

Voici de quelle manière mon appareil était construit. La source de lumière est une lampe ordinaire, qui éclaire la fente F (Pl. IX fig.5). La lumière provenant de cette fente, après avoir traversé la glace G G, est rendue parallèle par l'objectif O. Les rayons qui ont passé par la partie E de cet objectif, rencontrent sur leur chemin le tube T T rempli d'eau et fermé par des glaces, qu'on a réussi à placer exactement parallèles. Ensuite ils entrent dans l'objectif O_1, qui les fait converger vers le point F_1. Dans ce point, ils rencontrent le miroir en métal M M, qu'on a placé dans le plan focal principal de l'objectif O_1, de sorte que ces rayons retournent vers F en suivant le chemin F_1 B A F. Tous les rayons appartenant au faisceau en considération se croisent donc de nouveau en F.

Un autre faisceau suit le chemin inverse. De A jusqu'en B il se propage par l'air, et ce n'est qu'au retour qu'il rencontre le tube T T.

Mais avant de se croiser en F, toute la lumière qui a parcouru l'appareil rencontre la glace G G, qui en réfléchit une partie vers *f*. Cette portion entre par la fente *f* dans le collimateur C, elle est de nouveau rendue parallèle, analysée par un prisme P et étudiée au moyen de la lunette *l*.

Il est évident que dans un tel appareil, tant qu'il est en repos, il y a équivalence optique des chemins. Mais le phénomène est plus compliqué dès que cet appareil jouit d'un mouvement de translation.

Admettons que ce mouvement ait lieu dans la direction A B, comme l'indique la flèche dans la figure; chacun des deux faisceaux est alors continuellement entraîné par les milieux dans lesquels il se propage. Cependant on aura peu de peine à reconnaître que, tout étant symétrique dans l'appareil, il y a anéantis-

sement de ces effets pour autant qu'ils dépendent des objectifs. En effet, les deux rayons éprouvent des perturbations égales dans les parties A et E de l'objectif O, et de même dans les parties B et D de l'objectif O_1. Il n'y a donc là aucune cause de retard; il ne nous reste, en conséquence, qu'à considérer l'influence du tube TT.

Dans cette partie de l'appareil, l'un des faisceaux se propage dans la direction du mouvement de la terre, l'autre dans une direction opposée à ce mouvement. Pour l'un d'eux il y a gain, pour l'autre perte. L'équivalence des chemins $FEDF_1BAF$ et $FABF_1DEF$ a disparu, il y a un retard, le spectre doit donc montrer des bandes noires pour toute espèce de lumière dont la demi-longueur d'onde est comprise dans ce retard un nombre de fois impair.

Voilà mon premier projet.

L'expérience ayant été exécutée, aucune bande ne se montra. J'ai d'abord étudié mon appareil pour m'assurer que ce n'étaient pas ses imperfections qui cachaient le phénomène. Je l'ai modifié de plusieurs manières. J'en ai successivement remplacé toutes les diverses parties par d'autres plus parfaites et corrigées avec soin, jusqu'à employer des lunettes de 1.3 et de 2 mètres de distance focale. Enfin, j'ai cherché une combinaison qui me permettait de rejeter la glace G G, attendu que la lumière provenant d'un seul point, après avoir traversé une telle glace, a l'air d'être partie de plusieurs points appartenant à un ellipsoïde de révolution. La figure 6 représente une telle combinaison.

La lumière provenant de la fente F est rendue parallèle par l'objectif *a*, et réfléchie en partie vers *b* par un prisme équilatère *p q*, dont la face *p* est noircie. Après s'être croisée dans le point *c*, elle est de nouveau rendue parallèle par O, et parcourt le reste de l'appareil comme dans la figure 5. Sur son retour, après avoir passé le point *c* et l'objectif *b*, la lumière rencontre le prisme. Une partie y entre par réfraction, et, quoique faible, cette portion donne un spectre assez perceptible pour être examinée au moyen de la lunette *l*.

Je n'aurai pas besoin d'ajouter que la position de l'instrument, aussi bien que les heures et les dates des expériences, ont été

choisies de manière que l'influence du mouvement de la terre aurait dû se faire sentir.

Toujours le même résultat, aucune bande n'était visible. Ce résultat négatif ayant été mis hors de doute pour moi, je me suis occupé de ses conséquences théoriques, et j'ai reconnu qu'il confirme complétement le coefficient d'entraînement de Fresnel.

Voici de quelle manière.

On peut faire abstraction de la présence des objectifs, et se demander tout simplement combien de temps il faut à un rayon de lumière pour parcourir d'abord le tube A B (fig. 7) rempli d'eau, pour aller ensuite se réfléchir sur un miroir C, enfin pour revenir au point A, si l'on suppose que le tube a été vidé, tandis que la lumière parcourait l'espace B C B.

Admettons que tout l'appareil A B C ait un mouvement dont la vitesse soit ε, et dont la direction soit B C, c'est-à-dire celle de la flèche. Nommons les distances $AB = L$ et $BC = d$, les vitesses de la lumière λ dans l'eau, $n\lambda$ dans l'air. Nous aurons:

1°. Vitesse de la lumière entraînée ..... $= \lambda + \varphi$
„ du tube .... $= \varepsilon$

Vitesse relative de la lumière....... $= \lambda + \varphi - \varepsilon$
temps que la lumière met à parcourir
le tube...................... $t_1 = \dfrac{L}{\lambda + \varphi - \varepsilon}$

2°. Vitesse de la lumière dans l'air .... $= n\lambda$
„ du miroir................ $= \varepsilon$

Vitesse relative.................. $= n\lambda - \varepsilon$
temps que le rayon met à parcourir
la distance B C.............. $t_2 = \dfrac{d}{n\lambda - \varepsilon}$

3°. Vitesse de la lumière dans l'air .... $= n\lambda$
„ du point A............... $= \varepsilon$

Vitesse relative.................. $= n\lambda + \varepsilon$
temps nécessaire pour regagner le
point A .... $t_3 = \dfrac{L + d}{n\lambda + \varepsilon}.$

On a donc:

$$t_1 + t_2 + t_3 = \frac{L}{\lambda + \varphi - \varepsilon} + \frac{d}{n\lambda - \varepsilon} + \frac{L + d}{n\lambda + \varepsilon} = T_1 \ldots\ldots (1)$$

En second lieu, on peut se demander quel est le temps nécessaire pour que la lumière se propage dans l'air de A vers C, qu'elle revienne sur ses pas pour rencontrer en B le tube rempli d'eau, puis qu'elle traverse ce tube et atteigne le point A. En opérant de la même manière, et en admettant le même mouvement de translation, on trouvera:

$$t_4 + t_5 + t_6 = \frac{L + d}{n\lambda - \varepsilon} + \frac{d}{n\lambda - \varepsilon} + \frac{L}{\lambda - \varphi + \varepsilon} = T_2 \ldots\ldots (2)$$

Pour qu'il n'y ait pas de retard il faut donc que $T_1 - T_2 = 0$, relation qui permet de calculer φ.

Il vient:

$$L\left(\frac{1}{\lambda + (\varphi - \varepsilon)} - \frac{1}{\lambda - (\varphi - \varepsilon)}\right) + d\left(\frac{1}{n\lambda - \varepsilon} - \frac{1}{n\lambda + \varepsilon}\right) +$$

$$+ (L + d)\left(\frac{1}{n\lambda + \varepsilon} - \frac{1}{n\lambda - \varepsilon}\right) = 0 \,.\,. (3)$$

ou

$$L\left(\frac{2(\varphi - \varepsilon)}{\lambda^2 - (\varphi - \varepsilon)^2}\right) + L\left(\frac{2\varepsilon}{n^2\lambda^2 - \varepsilon^2}\right) = 0 \ldots\ldots (4)$$

ou

$$(\varphi - \varepsilon)(n^2\lambda^2 - \varepsilon^2) + \varepsilon\,[\lambda^2 - (\varphi - \varepsilon)^2] = 0,$$

enfin, en négligeant les quantités du second ordre, c'est-à-dire ε^2 par rapport à $n^2\lambda^2$ et $(\varphi - \varepsilon)^2$ par rapport à λ^2,

$$\varphi = \varepsilon\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Le résultat négatif de cette expérience fournit donc une nouvelle démonstration du facteur connu.

Mais il y a plus. On peut dire d'après cette expérience que ce facteur doit être très-exact. Pour démontrer ce point on peut raisonner de la manière suivante.

Si φ avait eu la valeur zéro on aurait trouvé d'après la formule (3) un retard

$$T_1 - T_2 = L\frac{2\varepsilon}{\lambda^2 - \varepsilon^2} - L\frac{2\varepsilon}{n^2\lambda^2 - \varepsilon^2}$$

ou, en négligeant encore les quantités du second ordre,

$$T_1 - T_2 = \frac{2 L \varepsilon}{\lambda^2} \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$$

ou enfin, en exprimant ce retard en mesure de longueur,

$$R = (T_1 - T_2) n \lambda = 2 L \frac{\varepsilon}{\lambda} \left(n - \frac{1}{n}\right).$$

Dans mon expérience j'avais:

$$L = 100 \text{ m.m.} \qquad n = 1\tfrac{1}{3} \qquad \frac{\varepsilon}{\lambda} = \frac{1}{10000}$$

d'où il suit $R = \frac{7}{600}$ m.m., ou un spectre à dix bandes noires.

Il n'y avait pas même un retard d'une demi-longueur d'onde de la raie G, c'est-à-dire de 0.00022 m.m.

L'expérience indique donc que la fonction $\varphi = \varepsilon \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$ est exacte à $\frac{1}{55}$ près.

On aura remarqué que la longueur du tube entre dans ces dernières formules. Ceci nous fournit un moyen de déterminer notre fonction φ avec beaucoup plus de précision. Je me propose de répéter l'expérience avec un tube de deux mètres de longueur, ce qui conduira à une détermination 20 fois plus exacte, ou bien à la connaissance des perturbations auxquelles la fonction φ est sujette.

SUR LE

DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE

AU MOYEN DU NITRATE DE BISMUTH;

PAR

A. ADRIAANSZ,

Préparateur au laboratoire de chimie d'Amsterdam.

(Extrait des: *Scheikundige Bijdragen uit het Athenaeum Illustre te Amsterdam*, T. I.)

La détermination quantitative exacte de l'acide phosphorique dans des matières qui renferment une grande quantité d'oxyde de fer et d'alumine a toujours été un problème des plus difficiles. On a proposé, il est vrai, bien des méthodes différentes, ayant ordinairement pour but de précipiter l'acide phosphorique dans une liqueur acide afin de maintenir en solution l'oxyde de fer et l'alumine; mais la plupart de ces méthodes ont été rejetées successivement, soit parce qu'elles étaient d'une exécution trop pénible, soit parce qu'elles laissaient à désirer du côté de l'exactitude.

Parmi les méthodes annoncées comme fournissant de bons résultats, il faut distinguer celle que M. Chancel a fait connaître il y a quelques années. D'après ce savant l'acide phosphorique, dans une liqueur contenant de l'acide nitrique libre, serait précipité complétement par une dissolution de nitrate de bismuth dans

l'acide nitrique, à condition toutefois que la liqueur ne renferme pas trace de chlore ni d'acide sulfurique. La dissolution bismuthique employée par M. Chancel était obtenue en dissolvant 68,45 grammes de nitrate de bismuth cristallisé dans une quantité d'acide nitrique correspondant à 68,5 grammes d'anhydride, et étendant cette dissolution jusqu'à lui faire occuper un volume de 1000 C. C. Pour doser l'acide phosphorique il suffisait de dissoudre la substance à examiner dans l'acide nitrique, d'étendre avec de l'eau, d'ajouter la dissolution bismuthique, de recueillir, laver et calciner le précipité produit, et de déduire par le calcul la quantité d'acide phosphorique.

Des objections ont été également soulevées contre cette méthode, et un chimiste hollandais a même essayé de prouver expérimentalement qu'elle conduit à des résultats entièrement erronés.

J'avais pourtant de la peine à croire, qu'un chimiste aussi estimé que M. Chancel eût mis au jour une méthode foncièrement défectueuse, d'autant plus que, avant la publication de ce procédé, M. le professeur Gunning avait également eu recours, et avec succès, au nitrate de bismuth pour la détermination de l'acide phosphorique. La méthode suivie par M. Gunning différait toutefois, à quelques égards, de celle que M. Chancel fit connaître plus tard. Elle consistait à mélanger la dissolution phosphorique avec une dissolution forte et très acide de nitrate de bismuth et à l'étendre d'une grande quantité d'eau, à redissoudre dans l'acide chlorhydrique le précipité formé de phosphate et de sous-nitrate de bismuth, à débarrasser la liqueur du bismuth par l'acide sulfhydrique, puis à y doser l'acide phosphorique sous forme de pyrophosphate de magnésie.

Pour juger la valeur de la méthode de M. Chancel j'ai entrepris, à la demande de M. le professeur Gunning, un certain nombre de déterminations d'acide phosphorique.

La dissolution bismuthique fut préparée par le procédé de M. Chancel, indiqué ci-dessus, et, afin d'éloigner toute trace

de chlore et d'acide sulfurique, elle fut additionnée d'une petite quantité de nitrate d'argent et de nitrate de baryte, puis filtrée.

Dans deux portions successives, chacune de 25 C. C., d'une même dissolution de phosphate de soude, on dosa l'acide phosphorique de la manière habituelle, à l'état de pyrophosphate de magnésie; on trouva que l'une et l'autre portion renfermaient 0,05596 gramme de $P_2 O_5$.

Dans les expériences suivantes on prit alors chaque fois 25 C. C. de cette dissolution de phosphate de soude, et, après y avoir ajouté quelques gouttes d'acide nitrique parfaitement exempt de chlore, on précipita l'acide phosphorique, à la température ordinaire, par un excès de la dissolution bismuthique. Au bout de 24 heures le précipité était séparé par filtration, lavé à l'eau chaude, puis calciné dans un creuset de porcelaine. Quatre expériences successives donnèrent les résultats suivants:

1e	expérience	0,5565	$P_2 O_5$
2e	"	0,5658	"
3e	"	0,5646	"
4e	"	0,5658	"

Une seconde dissolution de phosphate de soude, dans laquelle deux essais au moyen du mélange magnésique avaient indiqué 0,11340 et 0,11334 gr. $P_2 O_5$ par 25 C. C., fut soumise, comme la précédente, au dosage par le nitrate de bismuth: on trouva de cette manière 0,11369 gr. $P_2 O_5$.

Enfin on opéra sur une troisième dissolution de phosphate de soude, qui, d'après le résultat de deux analyses faites avec le mélange magnésique, contenait 0,04892 à 0,04861 gr. $P_2 O_5$ par 25 C. C.; l'acide phosphorique fut déterminé par le nitrate de bismuth dans six portions successives de cette dissolution, chacune de 25 C. C.; pour les deux derniers de ces dosages le phosphate de bismuth fut précipité dans la liqueur bouillante et

la filtration eut lieu immédiatement. Les résultats obtenus furent les suivants:

1e expérience	0,04979	P_2O_5
2e „	0,05000	„
3e „	0,04966	„
4e „	0,04978	„
5e „	0,04972	„
6e „	0,04948	„

On prit encore deux portions, chacune de 25 C. C., de la première dissolution de phosphate de soude, c'est-à-dire de celle qui contenait 0,5596 gr. P_2O_5 par 25 C. C.; on y versa quelques gouttes d'acide nitrique impur, puis un peu de nitrate d'argent et de nitrate de baryte destinés à fixer le chlore et l'acide sulfurique, après quoi on précipita par un excès de la dissolution bismuthique. Le précipité, qui renfermait maintenant, outre le phosphate de bismuth, un peu de chlorure d'argent et de sulfate de baryte, fut recueilli sur un filtre, lavé, puis délayé avec le filtre dans une petite quantité d'acide chlorhydrique. Le bismuth et l'argent furent alors précipités par l'acide sulfhydrique, et dans la liqueur, séparée par la filtration des sulfures formés ainsi que du sulfate de baryte, l'acide phosphorique fut dosé à l'état de pyrophosphate de magnésie. Voici les quantités d'acide phosphorique qu'on obtint:

1e expérience — 0,05564
2e „ — 0,05597.

Comme M. Chancel avait remarqué que, dans le cas où la matière renferme de l'oxyde de fer, une petite quantité de cet oxyde est entraînée avec le phosphate de bismuth, et comme M. le professeur Gunning avait, déjà antérieurement, observé le même fait, non-seulement par rapport à l'oxyde de fer, mais aussi relativement à l'alumine, la méthode analytique en question ne

pouvait être appliquée directement aussitôt qu'on se trouvait en présence de l'un ou de l'autre de ces éléments. En pareille circonstance, je suivis la même voie que dans les deux dernières expériences qui ont été rapportées ci-dessus et dans lesquelles la liqueur contenait du chlore et de l'acide sulfurique. Seulement, la dissolution débarrassée du bismuth et de l'argent au moyen de l'acide sulfhydrique, et qui, par suite, ne renfermait plus que quelques traces de fer et d'aluminium, fut additionnée d'une très petite quantité d'acide citrique, destinée à maintenir ces deux éléments en dissolution; ensuite on y ajouta de l'ammoniaque, puis une dissolution mixte de sulfate de magnésie, de sel ammoniac et d'ammoniaque, et on pesa l'acide phosphorique à l'état de pyrophosphate de magnésie.

Trois expériences furent exécutées de cette manière, chacune sur 25 C. C. de la dissolution de phosphate de soude mentionnée en dernier lieu (= 0,05596 gram. $P_2 O_5$), mélangés avec du nitrate de fer et du nitrate d'alumine. Les nombres trouvés furent:

1e expérience — 0,05469 $P_2 O_5$
2e „ — 0,05596 „
3e „ — 0,05539 „

Finalement on consacra encore deux expériences à rechercher comment le procédé se comporterait en présence de la chaux. Deux poids arbitraires de spath calcaire furent traités par la quantité d'acide nitrique, exempt de chlore, nécessaire pour opérer la décomposition; on ajouta alors à chaque liqueur 25 C. C. de la troisième dissolution de phosphate de soude (= 0,04892 à 0,04861 $P_2 O_5$), puis autant d'acide nitrique qu'il en fallait pour redissoudre le phosphate de chaux; ensuite on précipita par le nitrate de bismuth. Le précipité, pesé après calcination, donna pour l'acide phosphorique:

1e expérience — 0,04967
2e „ — 0,04897

On aura remarqué que, dans presque toutes les expériences, la quantité d'acide phosphorique calculée d'après le phosphate de bismuth est un peu plus forte que celle qu'on déduit du pyrophosphate de magnésie; selon toutes les probabilités, cette différence doit être attribuée à une perte de phosphate de magnésie et d'ammoniaque, une certaine proportion de ce sel étant entraînée en dissolution pendant les lavages à l'eau ammoniacale. Pour compenser cette perte, M. Fresenius, dans son Traité d'analyse si répandu, recommande de porter en compte 0,001 gramme de pyrophosphate de magnésie pour chaque 54 C. C. d'eau ammoniacale employée. Dans une des expériences précitées, l'eau ammoniacale des lavages fut mesurée et ce qu'elle tenait en dissolution fut additionné au pyrophosphate de magnésie trouvé; par cette correction, le chiffre énoncé plus haut, 0.04861 P_2O_5, s'éleva à 0,04989, ce qui rend encore plus manifeste l'accord entre les proportions d'acide phosphorique trouvées par l'une et par l'autre méthode.

Parmi les objections qu'on a adressées à la méthode de M. Chancel, on rencontre celle-ci: le phosphate de bismuth n'est pas insoluble dans l'acide nitrique, même étendu. Le fait est parfaitement vrai, et facile à prouver; mais celui qui a fait cette objection, n'a pas bien posé la question. La phosphate ne se trouve jamais en présence de l'acide nitrique seul, mais toujours en présence d'un excès de nitrate de bismuth, et l'expérience directe prouve qu'il est parfaitement insoluble dans la liqueur ainsi constituée.

Grâce à la méthode de M. Chancel, la détermination de l'acide phosphorique dans les terres arables devient une opération des plus simples et des plus faciles. La terre est épuisée par l'acide chlorhydrique; la dissolution obtenue est mélangée avec de l'ammoniaque, qui précipite, en même temps que l'oxyde de fer, l'alumine et une partie de la chaux, tout l'acide phosphorique; le précipité étant redissous dans l'acide nitrique, on ajoute un peu de nitrate d'argent et de nitrate de baryte pour fixer le chlore et l'acide

sulfurique, après quoi on sépare l'acide phosphorique au moyen de la dissolution bismuthique; le précipité, qui se compose de chlorure d'argent, de sulfate de baryte et de phosphate de bismuth, avec des traces d'oxyde de fer et d'alumine, est, après filtration et lavage, repris par l'acide chlorhydrique; on se débarrasse de l'argent et du bismuth à l'aide de l'acide sulfhydrique, on chasse l'excès de cet acide, on ajoute un peu d'acide citrique pour tenir en dissolution l'oxyde de fer et l'alumine, enfin on précipite par le mélange magnésique et on calcine le précipité: le pyrophosphate de magnésie obtenu fait connaître la quantité d'acide phosphorique.

On voit, en définitive, que la méthode de M. Chancel est précisément celle que les chimistes ont cherchée pendant si longtemps en vain; qu'elle permet de déterminer l'acide phosphorique avec la plus grande exactitude, une fois qu'on a éloigné l'acide sulfurique et le chlore; et qu'elle fournit un des moyens les plus commodes de doser l'acide phosphorique dans les terres arables, ou dans d'autres matières renfermant de l'oxyde de fer, de l'alumine et de la chaux.

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

Sciences exactes et naturelles.

NOUVEAUX MATÉRIAUX

POUR

SERVIR A LA CONNAISSANCE DES CYCADÉES,

PAR

F. A. W. MIQUEL.

Première partie.

Organes sexuels. — Cycas.

Au moment où je publiais, en 1845, quelques recherches sur les ovules, les embryons et les organes mâles des Cycadées (*Annal. d. Sciences nat.*, 3ème Série, T. III et IV), M. Gottsche, de son côté, faisait paraître dans la *Botanische Zeitung* un travail important sur le même sujet. Les résultats de ces recherches, tout à fait indépendantes les unes des autres, étaient les mêmes sous beaucoup de rapports; mais M. Gottsche avait choisi un point de vue plus large en comprenant aussi les Conifères dans son examen. A cette époque j'avais déjà abandonné, avec pleine conviction, les considérations morphologiques développées par moi antérieurement (*Monographia Cycadearum*) sur la nature axile des feuilles, ainsi que la théorie de Richard sur l'ovule. R. Brown, en qui l'histoire de notre science continuera toujours à reconnaître un *ingenium materiae par*, avait assuré à sa théorie des ovules gymnospermiques, indiquée dès 1826 (*Appendix to Capt.* King's *Voyage*), des suffrages de plus en plus nombreux par ses observations sur le genre Pin (*On the Pluralty and Development of the Embryos in the Seeds of Coniferae: Annals and Magaz. of Nat. History, May* 1844, ainsi que: *Annales des Sciences nat.* 1848; lues déjà

antérieurement devant la *British Association*, à Edimbourg). [1]) — On sait universellement de quelle vive lumière les travaux de Mirbel et Spach, de M. Schleiden, de Schacht et surtout de M. Hofmeister ont éclairé dans les temps modernes la connaissance des ovules gymnospermiques, leur mode de fécondation, et le développement de l'embryon. Les Cycadées seules restèrent presque complétement en dehors du cercle de ces recherches, et si cette circonstance trouve son explication dans l'éloignement de la patrie de ces végétaux et dans la rareté des individus qui fleurissent dans nos jardins botaniques, elle est d'autant plus à regretter que chez eux les ovules sont de la forme la plus simple, et, par leurs dimensions, des plus propres à faciliter l'étude.

Sans vouloir traiter ici ce sujet en détail, je me permettrai de communiquer quelques observations et quelques considérations sur les organes femelles et mâles des Cycadées. Comme base de ce travail j'adopte l'identité morphologique des feuilles ordinaires et des parties qui donnent naissance aux ovules et au pollen, avec cette différence physiologique entre ces dernières, que les organes mâles du Cycas, réunis en cône, mettent fin, comme les cônes mâles et femelles de toutes les autres Cycadées, à la croissance terminale, de sorte que le développement doit se continuer par des bourgeons latéraux, tandis que les feuilles productrices des ovules sont rapprochées, chez ces mêmes Cycas, en une grande touffe terminale au centre de laquelle apparaît le bourgeon foliacé. Nous avons ici l'image d'un type primitif; la structure et la fonction se montrent dans leur expression la plus simple; la conception idéale des organes de la génération, telle que la doctrine des métamorphoses l'a établie pour les plantes supérieures, se trouve réalisée par un exemple palpable.

En comparant entre eux les différents genres des Cycadées, on

---

[1]) Dans un post-scriptum joint à l'édition anglaise R. Brown fait remarquer, avec raison, que la première idée de cette théorie n'est pas due à Mirbel, et il rappelle que Aubert Du Petit Thouars avait déjà observé diverses particularités de la structure des ovules du Cycas, sans toutefois en déduire la notion d'ovules gymnospermiques (*Histoire d. Végét. des Iles d'Afrique*).

se convainc facilement de l'homologie des organes sexuels; depuis le carpophylle du Cycas, lequel conserve encore tout à fait les apparences d'une feuille, il y a un passage insensible, à travers les genres Dioon et Macrozamia, vers les organes squamiformes et peltiformes du Zamia et d'autres genres. Il en est de même des organes mâles, comme je l'ai montré, dans une occasion précédente, avec plus de développements. Les cônes mâles et femelles ou le bouton terminal des carpophylles représentent chacun une seule fleur mâle ou une seule fleur femelle, composées uniquement des organes sexuels les plus simples, les anthères et les carpelles.

Tandis que les organes homologues des plantes diffèrent souvent extrêmement, sous le rapport anatomique aussi bien que sous celui du développement extérieur, un certain degré de similitude anatomique se laisse encore reconnaître dans les Cycadées. Les carpophylles (et aussi, à maints égards, les androphylles) se composent de tissus de même espèce que ceux des feuilles; des faisceaux vasculaires, sortant de la tige, pénètrent en disposition semi-circulaire dans ces organes, se dirigent suivant leur axe longitudinal, en traversant parallèlement le pétiole et le rachis, se courbent en dehors vers les segments des lames stériles, chez les Cycas, et parcourent chaque segment sans se diviser (tout comme ils s'étendent dans les folioles des feuilles ordinaires); ils se tournent d'une manière entièrement semblable vers les points d'insertion des ovules et pénètrent dans ces derniers (Pl. X fig. 1, *C. revoluta*). Une disposition analogue des faisceaux, parallèle dans le pétiole, divergente au sommet, se retrouve dans les carpophylles des Dioon, Macrozamia, Encephalartos, Zamia; seulement, par suite de la contraction de ces sommets et de leur réduction en larges lames ou boucliers, les faisceaux affectent ici une direction particulière, plus arquée, et ils présentent aussi, en général, un développement moindre; dans tous ces genres, toutefois, les faisceaux qui pénètrent dans les ovules se voient très distinctement [1]). Plus ou moins cylindriques, d'après la coupe transversale, ils montrent au côté

[1]) Je me sers ici de l'expression *faisceaux vasculaires* pour ce qui n'est qu'un équivalent des faisceaux composés de vaisseaux véritables, car chez les Cycadées.

extérieur ou postérieur la couche de cellules libériennes, au côté opposé la partie ligneuse. Des canaux gummifères, régulièrement distribués, traversent le tissu, tout comme dans les feuilles. Des cellules à chlorophylle existent, d'une manière constante, dans les couches extérieures du parenchyme, pendant la jeunesse. L'épiderme n'offre aucune différence essentielle, et des stomates, situés profondément et ayant l'apparence de petits trous, se découvrent sans peine.

La signification morphologique des parties dont se compose l'ovule n'est pas encore complétement élucidée; la botanique ne possède pas jusqu'ici une théorie de l'ovule généralement adoptée. Les tentatives qu'on a faites pour y parvenir ont été résumées avec beaucoup de clarté par M. Alexandre Braun et, pour abréger, je renvoie à ce travail (*Polyembryonie und Keimung von Coelobogyne*, 1860, p. 186 etc.). M. Braun lui-même incline à croire que les téguments peuvent être considérés comme des productions propres du funicule. M. Caspary (*Vergrünungen der Blüthe des Weissklees: Physik. Oecon. Gesellsch. zu Koenigsberg*, 2e année) élève des objections contre cette opinion, de même que contre la théorie de M. Rossmann. D'après cette dernière (*Flora o. bot. Zeitung*, 1855, p. 666), fondée sur une antholyse d'un Aquilegia, le bord de la feuille carpellaire se partagerait en autant de lobes qu'il y a de funicules; ceux-ci seraient les équivalents de ces lobes et ils donneraient naissance aux ovules, prenant origine dans le parenchyme des lobes, mais le nucelle serait une production nouvelle et distincte (*Neubildung*), donnant lieu aussi à la formation des téguments. D'après cette manière de voir, les téguments ne seraient donc pas une production ou un prolongement des bords du carpelle. Déjà antérieurement, M. Brongniart, se fondant sur l'antholyse

---

de même que chez les Cryptogames vasculaires, on ne trouve dans ces faisceaux que des cellules vasculaires, fermées aux extrémités. Ces cellules offrent dans les Cycadées les variétés spirale, rayée, scalariforme et poreuse (*Comp.* au sujet de cette forme inférieure des faisceaux vasculaires: *Caspary, Ueber die Gefässbündel der Pflanzen*, dans les *Monatsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften*, 10 Juill. 1862).

d'un Delphinium, avait développé la théorie suivante: un ovule est l'équivalent d'un lobe ou d'une dent de feuille; le funicule avec le raphé jusqu'à la chalaze sont formés par la nervure du lobe; le nucelle est une production nouvelle, qui apparaît sur la face supérieure du lobe, mais les téguments ne sont autre chose que les extrémités repliées du lobe („lobe foliacé replié sur lui-même en formant une sorte de capuchon'': *Archives du Muséum d'Hist. nat.*, IV, 1844). Pour les ovules anatropes cette théorie a quelque chose de séduisant; mais elle laisse inexpliqué le fait des enveloppes doubles, et ne détermine pas le point précis d'où part la formation du nucelle. Les observations sur lesquelles elle repose, de même que, par exemple, celles de M. Wesmael (*Bulletin de l'Académie de Bruxelles*, XVIII, p. 12) qui montrent des ovules remplacés par des folioles ou par des lobes foliacés, ont une grande valeur pour combattre la théorie des placentas axiles, mais elles ne paraissent pas encore pouvoir rendre un compte suffisant de la formation des ovules eux-mêmes [1]).

La production des ovules aux bords ou à la face supérieure des feuilles carpellaires est comparée, avec raison, à la formation de bourgeons aux mêmes points des feuilles ordinaires, phénomène qui est loin d'être rare, soit dans la nature soit dans la pratique des cultures artificielles, et qui, eu égard à la faible différenciation des tissus dans l'organisme végétal, n'a rien d'étrange. Production continue et successive de bourgeons et d'axes, lesquels demeurent unis entre eux ou s'isolent en individus distincts, tel est le caractère fondamental des plantes. Bien qu'elle échappe jusqu'ici à l'observation directe, nous ne pouvons nous représenter la formation d'un bourgeon que comme ayant son origine dans une cellule différenciée de toutes les cellules voisines, et par laquelle le bourgeon, c'est-à-dire le nouvel individu, est déjà fixé potentiellement. Le but final de la formation d'un

[1]) Les observations de M. Marchand (*Adansonia*, IV, p. 159) et de M. Kirschleger (*Pollichia*, XXVIII, p. 111) concernant des ovules en voie de se transformer en feuilles, de même que celles de M. Cramer, ne me sont connues que par des citations.

ovule est la différenciation d'une des cellules situées dans son axe et qui donne naissance au nouvel individu; en ce sens, la vésicule embryonnaire est, jusqu'à un certain point, l'équivalent de la cellule-mère du bourgeon. La vésicule embryonnaire est fécondée par l'absorption de matières contenues dans une autre cellule qui vient se mettre en rapport avec elle, et si l'on demande la cause prochaine de l'individualisation de la cellule-mère d'un bourgeon, c'est également dans les phénomènes nutritifs dont les parties voisines sont le siége qu'il faudra la chercher. Des modifications décisives dans le mouvement et la distribution des sucs nourriciers sont, en effet, le moyen de provoquer le développement de bourgeons; la destruction d'un bourgeon terminal fait naître de nombreux bourgeons latéraux; les incisions, accumulant la nourriture en certains points (d'une feuille ou d'une racine, par exemple), y donnent lieu à la production de bourgeons. L'ovule est ordinairement mis en opposition avec le carpelle, et la ligne de séparation placée à l'origine du funicule; mais ne serait-il pas plus rationnel de le regarder comme un état de développement d'une certaine partie du carpelle, et de considérer la vésicule embryonnaire seule comme une formation nouvelle et indépendante?

Chercher dans des cas de développement monstrueux la clef de la signification des parties de l'ovule, est une tentative qui rencontre des difficultés sérieuses dans la circonstance que ces parties sont alors, le plus souvent, tellement altérées dans leur situation et leur forme, qu'elles ne peuvent être identifiées avec une certitude suffisante. Quant à l'organogénie normale des carpelles et des ovules, étudiée principalement chez les plantes angiospermes, elle fait bien connaître le phénomène dans ses manifestations extérieures, elle en dévoile bien à l'œil les caractères anatomiques, mais il restera toujours extrêmement difficile de pénétrer ainsi dans la signification morphologique de parties qui sont réduites ici à un minimum de développement. D'ailleurs, la connaissance parfaite de l'histoire évolutive de la feuille en général nous manque encore; même après les excellentes recherches de M. Eichler, cette histoire n'est pas définitivement fixée dans toutes

les directions. En cet état de choses, la considération des carpophylles des Cycadées, lesquels sont moins modifiés par la métamorphose que les organes correspondants de toutes les autres Phanérogames, fournira peut-être quelques lumières aussitôt qu'on aura étudié leur développement d'une manière complète, travail pour lequel les matériaux nécessaires ne pourront malheureusement être trouvés que dans la patrie même de ces plantes.

Je me borne en conséquence à fixer l'attention sur les particularités suivantes:

1. Dans les Cycas, les faisceaux vasculaires du carpophylle pénètrent de la même manière, et dans les segments foliacés stériles, et dans les ovules (Pl. X, fig. 1. *C. revoluta*).

2. La place où un segment de feuille devait se développer est occupée par un ovule [1]).

3. La surface de l'ovule forme un tout continu avec celle du carpophylle, et il se présente tout à fait comme une expansion latérale; le même épiderme recouvre l'une et l'autre partie [2]).

4. Les segments foliacés de la partie stérile ne sont plus entièrement plats, mais plus ou moins gonflés et cylindriques, ce qui constitue un rapprochement vers la forme d'un ovule; ce rapprochement est bien faible il est vrai, et de même la comparaison entre les pointes durcies des segments et les sommets durs des ovules peut sembler trop forcée. Cette comparaison emprunte toutefois plus de valeur à un développement monstrueux des carpophylles du Cycas Rumphii, que j'ai observé antérieurement; dans plusieurs d'entre eux tous les ovules étaient remplacés par de longs segments foliacés [3]); un autre carpophylle de la même fleur montrait encore quelques ovules, mais un de ses segments stériles, faisant suite immédiatement aux ovules, était beaucoup plus gonflé que les autres et devenu creux dans sa partie supérieure [4]); en outre, on voyait

---

[1]) *Comp.* la figure du Cycas Rumphii (*Linnaea*, XXV, tab. II).

[2]) *Comp.*: *Analecta bot. ind.*, II, tab. IV, et, en général, les figures des carpophylles des Cycas, surtout du C. revoluta.

[3]) *Linnaea*, XXV, tab. II, fig. 1.

[4]) *L. c.* fig. 3, le premier segment à gauche, regardé alors par moi comme normal.

sur sa coupe que le faisceau vasculaire n'était pas resté simplement central, mais qu'il s'était partagé, un peu au-dessus de la base, en plusieurs branches, placées tout autour de l'axe et non dans l'axe même. Tous les autres carpophylles offraient des déviations plus ou moins prononcées dans le même sens, et j'étais dans l'erreur en regardant ces carpelles comme normaux et comme indiquant une espèce particulière. Des passages m'ont convaincu plus tard qu'ils appartiennent à l'espèce du C. Rumphii, telle que je la comprends actuellement (*Voir* plus loin).

5. Chez toutes les espèces du genre Cycas l'ovule est plus ou moins aplati, comprimé parallèlement au plan du carpophylle, et présentant une face supérieure et une face inférieure. Cette disposition est accusée également par la distribution des faisceaux vasculaires dans la couche externe du tégument, faisceaux qui sont tous rangés sur deux côtés. Lors du développement ultérieur, la couche interne ligneuse se montre aussi comme composée de deux valves, unies par des sutures latérales; chez le C. Rumphii ces sutures forment même deux bords tranchants. Dans les carpophylles biovulés des autres Cycadées la même structure se laisse reconnaître, et nous y voyons les formes aplaties donner naissance, par la compression mutuelle en sens opposé, à des formes tétragones.

6. Anatomiquement, l'ovule est comme un segment de feuille épaissi et dont les tissus, au lieu d'être étendus dans un plan, sont groupés autour d'un centre. C'est là une assimilation que j'ai indiquée dès 1842 (*Monogr.* p. 12), et M. Heinzel (*Diss. de Macrozamia*) est arrivé à une explication analogue. — Le carpophylle est constitué dans ses couches extérieures par du parenchyme, qui à l'intérieur devient ordinairement plus mérenchymateux, en même temps qu'apparaissent fréquemment, dans cette région, des cellules spéciales, allongées et à parois épaisses [1]). La même disposition des tissus se retrouve dans le tégument de l'ovule chez toutes les Cycadées que j'ai examinées; les deux couches ne for-

[1]) Comme dans d'autres plantes, il s'éloigne donc anatomiquement un peu de la feuille (V. ci-dessus p. 195, et Kraus dans: Pringsheim's *Jahrb.*, T. IV.)

ment d'ailleurs morphologiquement qu'un seul tégument de l'ovule, comme je l'ai montré autrefois [1]) et comme on l'admet généralement aujourd'hui [2]). La couche externe, qui se remplit de sucs plus tard, est verte dans la jeunesse, mais fréquemment colorée en rouge lors de la maturité; la couche interne représente la partie plus prosenchymateuse du carpophylle; elle devient ligneuse de bonne heure, en dernier lieu aux points où se trouveront plus tard ce qu'on appelle les sutures. Au sommet, dans l'exostome tubuleux [3]), les deux couches sont réduites à un minimum d'épaisseur; toutes deux entrent, pour une part plus ou moins grande, dans la composition de l'exostome, et c'est pour cela qu'on voit assez souvent, dans les graines mûres, le sommet de la partie ligneuse se prolonger en une pointe tubuleuse (Pl. X, fig. 4, 5) [4]). Les faisceaux vasculaires, continuation directe d'un des faisceaux du carpophylle, se dirigent à travers la couche tendre jusque près du sommet, et sont, dans les graines mûres, immédiatement appliqués sur la partie ligneuse. Ils ne s'anastomosent pas entre eux; leur nombre varie suivant les genres et les espèces, mais le plus souvent on les voit groupés manifestement, comme il a déjà été dit, sur deux côtés. Fréquemment ils laissent des impressions longitudinales sur la partie ligneuse.

---

[1]) „Structura *integumenti* peculiaris est et ab illa ovulorum, qualia hucusque novimus, aliquomodo diversa. Inde ab initio offert:

1. *Stratum externum* carnosum, cellulis parenchymaticis regularibus conflatum, eadem epidermide ac carpophyllum vestitum. . ., apex hujus strati tubulosus.
2. *Stratum secundum*, ligneum vel osseo-ligneum, cellulis parenchymaticis et elongatis compositum, materia deposita inde a prima origine lignescentibus."

Je rapporte ce passage parce qu'on m'a attribué récemment (C. A. J. A. Oudemans, dans *Versl. en Meded. der Koninkl. Akad.*, II, p. 255, et *Arch. Néerl.*, II, p. 395) une opinion toute contraire. La circonstance, que ces deux couches sont *entièrement confondues et naissent simultanément*, suffit pour rendre absurde l'idée d'y voir deux téguments distincts.

[2]) *Comp.* Eichler dans: Martius, *Flora brasil.*, *Coniferae et Cycad.*, p. 410.

[3]) M. Oudemans a nommé cet endroit *tube micropylifère;* mais, comme il ne forme pas une partie distincte, il semble plus exact de parler d'exostome tubuleux.

[4]) Cela a aussi été constaté chez le Zamia muricata par M. H. Karsten.

Il paraît du reste que dans la formation du tégument tous les tissus du carpophylle ne se développent pas au même degré. Chez le Cycas revoluta, par exemple, chez les genres Zamia, Encephalartos, l'épiderme montre une continuité évidente d'une partie à l'autre (Pl. X, fig. 1); chez le C. Rumphii, l'épiderme des ovules n'est pas tomenteux comme celui du carpophylle, et les ovules sont entourés à la base d'un renflement du carpophylle, annulaire ou cyathiforme, et chargé de poils [1]). Jusqu'à quel point la couche extérieure du tégument est constituée, ici par une partie du parenchyme de la feuille carpellaire, là par la totalité de ce parenchyme, c'est ce qu'on ne pourra déterminer que lorsque le développement aura été étudié d'une manière complète; d'un examen superficiel il semblerait résulter que la cupule poilue, qui enchasse l'ovule chez les espèces de la seconde division du genre Cycas (*Voir* plus loin), est de même nature que la surface poilue des ovules du C. revoluta. J'avais signalé cette différence, qui n'est pas sans importance, dans les *Analecta bot. indica*, II, p. 31. Mais, par les expressions latines „*integumentum externum*", et „*internum*", je n'avais nullement voulu désigner, en opposition avec l'opinion émise par moi-même sur la simplicité de l'enveloppe, deux téguments distincts dans le sens morphologique; ces expressions, peut-être mal choisies, ne s'appliquaient qu'aux couches externe et interne du tégument (*Comp.* p. 201).

J'ai déjà fait voir autrefois que le *nucelle* des Cycadées ne se forme pas avant le tégument, mais en même temps que lui [2]); je n'ai pas observé toutefois ses premiers débuts. Dans la suite de son développement, il parcourt avec l'amnios des phases très diverses, et je me trompais lorsque (dans le Mémoire cité) je regardais la cavité de l'amnios, qui perd de bonne heure sa membrane propre, comme formée dans le nucelle par résorption et dilatation. La même erreur avait été commise par d'autres au sujet des Conifères, et ce point n'a été bien éclairci que par les recherches

[1]) *Comp.* entre autres la figure du C. Rumphii dans: *Linnaea*, XXV, tab. 2.

[2]) M. H. Karsten a confirmé ce point pour le Zamia muricata: le nucelle et la tégument apparaissent simultanément (*Monatsb. Berlin. Akad.*, 18 déc. 1856).

de M. Pineau. Le sommet conique libre du nucelle, dans lequel je cherchais alors l'amnios, est situé au-dessus de l'amnios, sur la membrane propre duquel il repose. Je considère comme en connexion avec le nucelle une expansion vasculaire spéciale, formée par des faisceaux qui, après avoir pénétré dans l'ovule, montent plus haut que les faisceaux extérieurs, perforent la couche lignescente du tégument (d'où les trous dans sa base: Pl. X, fig. 16), se distribuent, se ramifient, s'anastomosent à la surface interne du tégument, et se terminent supérieurement juste à la hauteur où le nucelle devient libre; celui-ci en effet est soudé avec le tégument dans les $\frac{2}{3}$ de sa hauteur. J'avais trouvé ce système vasculaire interne dans toutes les Cycadées, mais il m'était échappé d'abord qu'il existe déjà avant la fécondation. Depuis, on l'a découvert également chez les Conifères [1]). En me fondant sur l'analogie, j'ai cru pouvoir l'appeler une expansion chalazienne [2]). Dans les graines mûres il apparaît beaucoup plus distinctement, et lorsque le résidu du nucelle, qui le recouvre, est réduit à une membrane mince, comme chez le Macrozamia et chez un Cycas de la Nouvelle-Hollande, il se dessine à travers et montre des impressions réticulées sur la surface de l'endosperme Pl. X, fig. 14 et 13, fig. 15 et 17; Pl. XI, fig. 11). Comme ces vaisseaux perforent le tégument et sont situés entre lui et la partie accrue du nucelle, il ne semble pas qu'on puisse les regarder comme appartenant au tégument. M. Heinzel (*Diss. de Macrozamia*) dit que ce réseau vasculaire est compris entre deux membranes; mais cette manière de voir ne paraît pas être entièrement exacte, puisque

[1]) On en voit l'analogue dans les deux faisceaux vasculaires de la base du nucelle chez le Welwitschia (Hooker, *On Welwitschia*, p. 33, tab. 9, fig. 11 et 12), lesquels prennent plus tard plus de développement (*l. c.*, p. 37).

[2]) *Ann. d. Sc. nat.*, III, p. 196. On a rencontré postérieurement chez quelques Euphorbiacées un réseau vasculaire qui paraît être de même nature. M. A. Gris l'a étudié avec soin chez le Ricin; il lui donne également le nom „d'expansion chalazienne" et je m'étonne que la comparaison avec ce qui existe dans l'ovule des Cycadées lui ait échappé. Tout comme chez ce dernier, le nucelle est soudé avec le tégument, et l'endosperme, en s'accroissant, le réduit par compression à l'état de membrane spongieuse (*Ann. des Sc. nat.*, Sér. XV, p. 7, pl. 2, fig. 3).

les lames cellulaires dont il s'agit ne peuvent être considérées comme des membranes propres, existant dès l'origine; l'externe est unie intimement avec la partie lignescente du tégument et paraît en faire partie; l'interne n'est rien autre chose que le résidu comprimé du nucelle, dont il a déjà été question plus haut, avec ce qu'on appelle l'épithélium du nucelle [1]). Aussitôt que l'amnios se remplit pour la seconde fois de cellules, pour la formation proprement dite de l'albumen, et que sa cavité prend par suite un accroissement considérable, le tissu nucellaire est repoussé, comprimé dans toutes les directions, mais surtout latéralement, et transformé en une espèce de membrane. Vers le bas, cette compression est moindre dans beaucoup d'espèces, et chez quelques-unes, telles que C. Rumphii, C. sphaerica, il reste une couche épaisse de couleur brune, sur laquelle l'albumen repose par sa base large. Chez les Macrozamia, Dioon, Encephalartos et beaucoup d'espèces de Zamia, au contraire, cette couche est, même à la base de la graine, entièrement convertie par la compression en une sorte de membrane (Pl. X, fig. 15 et 17 en *c*). Le degré de cette transformation est toutefois variable dans le même genre, et même dans la même espèce, surtout lorsque la graine n'est pas fécondée. Dans le C. angulata, par exemple, (Pl. X, fig. 14, en *c*) la couche est entièrement atténuée par la compression; dans le C. revoluta, la dilatation que subit la cavité pour faire place à l'endosperme se fait sentir inégalement en divers sens, de sorte que le tissu nucellaire est tantôt préservé tantôt effacé à la base, d'où résultent des modifications de forme de la graine entière, qui devient, soit plus large à la base, soit elliptique, soit ob-ovoïde (Pl. X, fig. 2—6). En général, cette membrane, reste du nucelle qui, à l'état de jeunesse, est uni intimement avec la couche interne du tégument, mais qui s'en isole de plus en plus à mesure que cette couche se lignifie, est tellement pressée

[1]) „Une mince membrane blanche," dit M. Gottsche (*l. c.* p. 384), „recouvre (chez l'Encephalartos) la couche vasculaire." Peut-être y avait-il aussi encore, dans ce cas, un reste des cellules du premier endosperme.

par la dilatation de l'endosperme contre cette couche et le réseau vasculaire, qu'on ne parvient à l'en détacher que par la macération et l'ébullition. Dans les premiers temps, et à l'état de vie, elle est souvent colorée en jaunâtre; mais plus tard, si le tissu s'est conservé en assez grande quantité, elle est brune à l'état de dessiccation et montre entre les cellules du parenchyme d'autres cellules de forme allongée [1]). Lorsqu'on a enlevé sur des graines mûres le tissu nucellaire, le réseau vasculaire n'est pas encore entièrement à découvert dans la plupart des cas; il y adhère encore une couche excessivement mince de tissu cellulaire, qui pourrait appartenir (comme il a déjà été indiqué) à la couche épithéliale du nucelle, ou bien être formée des premières cellules de l'endosperme.

On sait généralement que le nucelle toujours plus ou moins ovoïde des Cycadées est soudé aux deux tiers environ avec le tégument, mais qu'il se termine supérieurement en un sommet libre plus ou moins conique (appelé le *cône* par M. Hooker chez le Welwitschia). Cette partie libre est tantôt plus haute tantôt plus basse, mais en général elle n'est que peu saillante à l'origine, et s'élève à mesure que le nucelle croît, jusqu'à venir se placer parfois avec son sommet immédiatement au-dessous de l'exostome tubuleux; ordinairement de forme conique, elle est tantôt raccourcie, tantôt prolongée en tube. Plus tard, lorsque l'endosperme s'étend en largeur, elle est ramenée à un niveau inférieur; mais, dans la dernière période de la formation de la graine, l'endosperme la repousse tout à fait vers le haut, et alors elle se présente sous une forme entièrement changée. Près de sa base le cône est intimement uni au tégument, dont la surface interne, là où elle n'est pas soudée au nucelle, est tapissée d'une espèce d'épiderme qui finit par former une petite couche brune et lisse. En dehors le cône est recouvert d'une couche de cellules plus denses (*épithélium du nucleus* de Schleiden: *Grund-*

[1]) Elles rappellent les „cellules spiculaires" que Hooker a trouvées dans certains tissus du Welwitschia.

züge, II, p. 349; *manteau du mamelon nucellaire:* Gottsche, *l. c.* p. 380), laquelle devient moins distincte vers le bas, sur la partie du nucelle adhérente au tégument, mais qui se laisse pourtant encore reconnaitre à la surface du nucelle, après ébullition. Bien que cette couche, au point où le nucelle devient libre, s'unisse d'une manière intime avec la surface interne libre du tégument, on ne peut néanmoins, surtout en ayant égard à l'existence indépendante du nucelle, la considérer comme une continuation de l'épiderme extérieur; ce serait là d'ailleurs une structure dont aucun analogue ne m'est connu [1]). Au sommet du cône cette couche s'élève un peu plus haut que le tissu interne, et entoure celui-ci comme d'un anneau (Pl. X, fig. 7 en *f*, et fig. 8 et 9). L'extrémité du sommet, qui n'est pas recouverte par cet èpithélium, sur laquelle les grains de pollen viennent achever leur développement, et qui a par conséquent la fonction du stigmate, se trouve tout à fait à nu, et sécrète aussi un liquide visqueux. A une période peu avancée la capacité interne du cône est entièrement remplie de tissu cellulaire, qui plus tard se ramollit et est partiellement résorbé; il se forme alors des conduits mucilagineux (les voies pour les tubes polliniques), qui se terminent inférieurement à la paroi de l'amnios, sur ce qu'on a appelé les aréoles, sous lesquelles se trouvent les rosettes operculaires des corpuscules (Pl. X, fig. 12, 10 et 11, le sommet libre coupé suivant la longueur). La paroi supérieure de l'amnios étant située au niveau où le nucelle devient libre et où la base du cône est solidement rattachée au tégument, le cône est anatomiquement séparé de la partie adhérente du nucelle, et à mesure que celle-ci est refoulée et comprimée par la dilatation de la cavité endospermique, cette séparation transversale se prononce de plus en plus; ensuite le cône dépérit, et plus tard on le trouve, distinc-

[1]) Je dois, sur ce point, différer d'avis avec M. Oudemans (*Archives Néerl.*, II, p. 395). La chose devient encore plus évidente par la comparaison avec les ovules des Conifères; voyez, par exemple, *Flora o. bot. Zeit.*, 1855, pl. II, de M. Schacht, et les nombreuses figures qu'on trouve dans les ouvrages de M. Hofmeister.

tement surtout dans les graines fécondées, appliqué sous forme de couvercle sur le sommet de l'endosperme; dans cet état, il avait reçu autrefois de quelques auteurs les noms très inexacts de *vitellus* ou de *scutellum* (Pl. X, fig. 13 en *a*, Pl. XI, fig. 11).

L'histoire de *l'amnios* ou sac embryonnaire est très compliquée, et ce n'est qu'après que MM. Hofmeister, Pineau (*Annales des Sciences nat.*, 3e Série, II, p. 83) et autres l'eurent débrouillée dans les Conifères, qu'elle me devint intelligible chez les Cycadées. L'époque précise de la première apparition de l'amnios ne m'est pas connue; ce qui est certain, c'est que cette apparition a lieu à un âge très peu avancé de l'ovule, et que c'est la moitié supérieure de la partie adhérente du nucelle, de la partie que M. Hooker appelle *corpus nuclei*, qui en est le siége. Dès l'origine la cavité de l'amnios est remplie de cellules; dans cette période il est petit, sphérique et on peut observer sa paroi propre formée par une simple membrane cellulaire. Je n'ai eu que deux fois l'occasion de l'observer dans cet état, chez un Cycas et chez un Zamia. A une époque suivante le tissu cellulaire interne disparaît, la cavité se dilate et se remplit d'une fluide mucilagineux; par analogie avec ce qui a lieu chez les Conifères, on doit admettre qu'à ce moment la période de la fécondation approche. Le second stade commence maintenant, et comme il s'accomplit aussi dans les ovules non fécondés (on n'en a pas encore observé de fécondés dans les jardins botaniques), il n'y a pas de doute qu'il ne soit indépendant de la fécondation. La production libre et rapide de cellules donne naissance à un tissu albumino-plastique très développé, un vrai endosperme; alors il n'est plus possible de distinguer la paroi propre de l'amnios; l'espace qu'il occupe est limité par la surface dense, unie et luisante du tissu nucellaire refoulé, auquel adhèrent peut-être aussi des débris de la membrane amniotique originelle [1]. C'est là ce qui m'avait induit en erreur précédemment, en me faisant regarder l'amnios comme une cavité libre dans l'albumen et celui-ci comme un produit du

[1]) M. Hooker a observé la même chose dans le *Welwitschia l. c.*, p. 32, etc.

nucelle, en sorte que je ne pouvais pas reconnaître la signification morphologique des restes du véritable nucelle, bien que j'eusse observé, figuré et décrit les différents stades du développement (*Ann. d. Sc. nat.*, *l. c.* p. 199. *Monogr.*, pl. I, fig. R. S.). Dans les nombreuses semences non fécondées l'endosperme se trouve tout comme dans les graines fécondées; à mon grand étonnement pourtant, j'ai observé quelques cas isolés où il faisait défaut, quoique la cavité qui lui était destinée existât.

Je ne sais rien des changements qui se produisent, au début de la seconde formation endospermique, dans le sommet de l'amnios, ni de la manière dont les corpuscules de Brown y prennent naissance. Je connais seulement la période où les corpuscules existent déjà, tant dans les ovules non fécondés que dans les semences mûres pourvues d'un embryon. La voûte ou le sommet de l'amnios persiste longtemps, et devient une membrane molle, pulpeuse, souvent jaunâtre, à laquelle adhèrent, en dessus le tissu interne du *conus nuclei*, en dessous les sommets des corpuscules; Pl. X, fig. 12, en *b*, où les corpuscules n'existent pas encore; Pl. XI, fig. 9, en *a*, les restes du cône, avec la membrane amniotique adhérente, au-dessous de laquelle les corpuscules; fig. 10, la partie *a* enlevée avec les corpuscules qui y sont attachés; fig. 1, l'amnios débarrassé du cône et vu par en haut, avec les six aréoles, c'est-à-dire les places où aboutissent les canaux intérieurs du cône et auxquelles sont fixés, au côté opposé, par leurs rosettes operculaires, les sommets des corpuscules [1]); fig. 2, sommets de corpuscules situés dans ce plan; fig. 8, corpuscules dont les sommets montrent des fragments réguliers (rosettes operculaires (?) ou lambeaux déchirés de la partie où se fait l'adhésion avec la membrane amniotique). En cet endroit il s'opère probablement une résorption totale des membranes, de manière que le tube pollinique puisse pénétrer jusqu'au sommet des corpuscules. Les corpuscules non fécondés paraissent alors

[1]) Juniore aetate membrana mollissima fera gelatinosa saccos obtegit et eorum apicibus adhaeret, punctis obscuris vel areolis parumper elevatis extus instructa quae cum saccorum subjacentium apicibus correspondent, etc. (*Annal. des Sciences nat. l. c.*)

remplis entièrement de tissu cellulaire, ou d'une masse protoplasmatique régulièrement divisée en vacuoles; à cet égard je n'ai pas de certitude, mais, lorsqu'on déchire la membrane, la masse incluse se montre à peu près telle qu'elle est représentée fig. 5 (Pl. XI). J'ai trouvé ce même état dans les graines fécondées, qui possèdent un embryon normal; il est probable que tous les corpuscules qui le présentent (Pl. XI, fig. 4) sont restés sans fécondation; car toujours j'en rencontrai en même temps un ou deux dans lesquels on voyait, placé librement au milieu de la cavité, un petit groupe de cellules plus grandes, duquel provenait le suspenseur; je suppose que ce groupe occupait d'abord la base de la cavité, et que ce n'est que postérieurement qu'il a été élevé à un niveau supérieur par le suspenseur refoulé; il se peut aussi que ce déplacement ait été simplement un effet de la préparation que l'objet avait subie. La membrane des corpuscules est relativement dense et résistante, et à la lumière transmise elle semble composée de petites cellules à parois épaisses. (Pl. XI, fig. 2 en *a*, fig. 3, fig. 6 très grossie). J'avais admis autrefois (*Annal. d. Sc. nat. l. c.* p. 198) qu'il en est réellement ainsi, et M. Gottsche professait la même opinion (*Bot. Zeit.*, 1845, p. 400); mais, au fond, nous avons ici ce qui a été déjà observé par M. Schleiden sur les corpuscules des Conifères. La surface extérieure de la membrane cellulaire du corpuscule est recouverte, dans toute son étendue, par une couche de cellules très petites formant comme un épithélium (Hofmeister, *Vergleichende Untersuch.*, pl. 28 et 29). M. Gottsche a trouvé pour l'épaisseur totale de la paroi, chez le Macrozamia, 0,01 millim. Dans les semences mûres les corpuscules sont situés dans le sommet de l'endosperme, plus ou moins aplatis, quelquefois libres par en haut, d'autres fois attachés à la surface inférieure des aréoles; lorsqu'on arrache le sommet du nucelle ou cône desséché les corpuscules suivent ordinairement avec les suspenseurs repliés vers le haut par l'embryon. Je n'ai pu déterminer si les corpuscules sont perforés au sommet; chez ceux que je regarde comme non fécondés on ne voit pas trace d'ouverture; chez ceux qui ont subi la fécondation on voit à l'extrémité

les fragments de cellules dont il a déjà été question (Pl. XI, fig. 8), et il est possible qu'entre ces débris il existe un passage pour le tube pollinique; je n'ai toutefois rencontré aucun vestige de tubes dans les nombreuses graines que j'ai examinées.

Les suspenseurs sortent par la base des corpuscules; plus ou moins contournés en spirale, ils descendent d'abord, pour pénétrer dans la cavité centrale de l'endosperme, mais plus tard ils sont refoulés plus ou moins vers le haut par l'embryon. Je n'ai pas réussi à m'assurer si les suspenseurs de corpuscules voisins peuvent s'unir entre eux. Souvent on trouve un seul suspenseur bien développé, qui donne naissance à l'embryon; c'est ce qu'on voit Pl. XI, fig. 2 et 4, où le suspenseur provient d'un corpuscule qui semble lacéré ou qui a été détruit par la section, et dont les débris paraissent encore visibles à la base des corpuscules stériles; dans la fig. 8, toutefois, il y a deux suspenseurs entortillés, et dont le plus long porte l'embryon. Les suspenseurs produisent des branches latérales qui se terminent par des embryons rudimentaires en forme de tubercules (fig. 4 et 8). Ces filaments représentent la partie que les carpologues antérieurs appelaient *filum suspensorium*, que R. Brown désigna sous le nom de *suspenseur*, pour laquelle j'avais proposé, en considération de la fonction, le mot *d'embryoblastanon*, et à laquelle d'autres appliquent celui de *proembryon.* Dans aucun autre groupe de plantes cette partie n'est aussi composée que chez les Cycadées; plus ou moins cylindrique, elle est constituée par la juxtaposition de nombreuses cellules allongées (Pl. XI, fig. 7), et à sa surface on remarque des restes d'une membrane mince, dont j'ignore la signification, mais qui pourrait s'expliquer, comme celle de la surface de l'embryon, par une légère adhérence avec le tissu endospermique; on comprend en effet qu'une pareille adhérence puisse s'établir facilement entre les cellules superficielles de ces organes qui se trouvent en contact mutuel pendant leur croissance. La consistance du fil est ferme et solide; ce n'est qu'au point de jonction avec l'embryon qu'il se rompt aisément.

L'endosperme, dans l'axe duquel l'embryon est étroitement in-

clus, est tout à fait libre dans la cavité qu'il occupe (Pl. X, fig. 17, Pl. XI, fig. 11—13); à sa surface le tissu a un aspect un peu différent, mais il n'existe par de membrane propre, qu'on puisse séparer; je n'ose décider s'il peut être resté en ces points une couche des cellules du premier endosperme. Je ne m'explique pas bien ce que M. Gottsche entend par la membrane jaune qui, suivant lui, recouvre l'endosperme (*Bot. Zeit. l. c.*, p. 398), à moins qu'il n'ait en vue les restes du nucelle. Il n'est pas rare de voir la germination commencer dans la graine même: la radicule perce le débris du sommet nucellaire et se montre à l'extérieur (Pl. XI, fig. 11). C'est ainsi qu'il faut interpréter aussi la figure de l'embryon du Macrozamia que j'ai publiée en 1845 (*Annal. d. Sc. nat. l. c.*); dans ce cas, l'état embryonnaire était déjà passé et les premières feuilles se développaient. Il faut remarquer, en effet, que la plumule ne paraît être composée, chez toutes les Cycadées, que de quelques squamules. Pour ce point et pour d'autres particularités je renvoie à mes communications dans les *Annales. d. Sc. nat. l. c.* et dans le *Linnaea* XIX, pl. V.

Les parties qui produisent le pollen [1]) et qui constituent le cône mâle sont en tout l'équivalent morphologique des carpophylles; on est parfaitement fondé à les appeler des anthères, mais, par analogie avec les organes femelles, et pour éviter qu'on ne les confonde avec leurs logettes, auxquelles beaucoup d'auteurs continuent à appliquer très improprement le nom d'anthères, il sera peut-être préférable d'adopter l'expression *d'androphylles*. Dans leurs contours ils sont toujours plus simples et plus petits que les carpophylles, mais leur structure ne présente aucune différence essentielle. Les cellules polygonales de l'épiderme sont très épaissies, et les stomates situés dans leur profondeur ne manquent pas. La question principale qui se pose ici concerne le développement des nombreuses logettes pollinigères qui se trouvent à leur face inférieure et qu'on regardait autrefois comme des anthères distinctes. M. de Mohl a observé avec raison que la manière dont j'avais

[1]) On peut consulter les nombreuses figures qui existent de ces organes.

rendu compte de l'évolution et de la signification de ces logettes dans ma Monographie n'était pas conséquente (*Vermischte Schriften*, p. 57). Elles sont placées à la face inférieure de l'androphylle (aussi chez les formes en bouclier), des deux côtés de la ligne médiane, et elles s'y élèvent, par groupes de 2—4, rarement de 5, d'un point commun. Dans les premiers états de jeunesse elles se montrent comme des saillies surgissant lentement, comme des papilles de couleur verte, et recouvertes par l'épiderme qu'elles ne rompent pas; ce sont donc des excroissances du parenchyme qui se forment sur des points déterminés, et leur tissu interne est par suite entièrement cellulaire. Peu à peu elles prennent leur forme arrondie allongée, et la masse entière de tissu cellulaire devient tissu générateur de pollen, car dans la cavité mûre on ne trouve rien que du pollen; chaque cellule du parenchyme donne naissance à quatre cellules-filles, dont chacune forme une cellule pollinique. Elles sont comparables, d'après cela, aux régions où se fait, dans les loges des anthères ordinaires, la génération du pollen, et elles méritent par conséquent le nom de *logettes*. Ce n'est pas ici, comme chez les plantes angiospermes et chez beaucoup de Gymnospermes, sur l'organe entier que porte la formation pollinique, mais seulement sur un nombre considérable de points de la couche inférieure, aux deux côtés de la ligne médiane. Le paroi des logettes est très solide, de couleur brune à une époque un peu avancée, et marquée à l'extérieur de courtes impressions linéaires; elle s'ouvre du sommet à la base sur le côté interne, (celui qui est tourné vers les logettes-sœurs), et parfois la fente se prolonge encore un peu au-delà du sommet, sur le côté opposé. Ce n'est pas tout à fait à tort que Purkinje (*De cellulis antherarum fibrosis*) nomme la paroi „mere epidermidalis", puisque les logettes ne sont au fond pas autre chose que des portions du tissu de l'androphylle se rompant en dehors, mais couvertes du même épiderme que le reste. Pourtant je dois faire remarquer qu'on peut distinguer dans cette paroi deux couches celluleuses, qui se laissent reconnaître aussi sur les figures de Purkinje (Pl. I et Pl. XVIII, appartenant au Zamia media et à l'Encephalartos longifolius); la

couche externe est l'épiderme, l'interne est une couche parenchymateuse d'aspect spécial, composée de cellules poreuses. Les cellules de l'épiderme ont un lumen très étroit, ce qui donne lieu aux rayures superficielles dont il a été question plus haut. Les grains de pollen offrent une grande uniformité dans toute la famille; ils sont plus ou moins elliptiques, avec un pli longitudinal très profond et qui ne disparaît pas entièrement sous l'eau. Ainsi que Schacht l'a montré en premier (Pringsheim, *Jahrb.*, II, p. 145, Pl. XVII, fig. 26—28), il se forme aussi chez les Cycadées deux cellules-filles dans l'intine, en sorte que la structure du pollen est assimilable de tout point à celle des Conifères.

Si les vues que viennent d'être exposées au sujet des organes de la génération des Cycadées ont quelque fondement, on voit que les deux sortes d'organes suivent une marche semblable dans leur développement et leur métamorphose; dans le parenchyme de la feuille, sur des points déterminés, naissent les cellules génératrices: les vésicules embryonnaires, dans le nucelle de l'ovule, comme cellules petites-filles de l'amnios transitoire; la cellule mâle, c'est-à-dire le boyau pollinique ou cellule fille de l'intine, comme cellule petite-fille de l'androphylle (ou de ses logettes). Chez les plantes angiospermes les cellules génératrices se forment par une voie plus courte, savoir, comme cellules filles.

Les cellules génératrices ont, comme macrospores et microspores, leur cours de vie propre. Produites, par voie de nutrition, par un individu d'une organisation plus élevée mais insexué, elles parcourent chacune les phases d'une courte existence, puis s'unissent pour donner naissance au proembryon. Ce n'est pas directement en effet, sauf chez les Algues et peut-être chez d'autres plantes inférieures, que la fécondation donne lieu à la formation de la plante proprement dite, c'est-à-dire l'embryon; la vésicule embryonnaire fécondée se développe d'abord en un être distinct, un individu uniquement composé de cellules (cellules unies suivant une direction linéaire, en une ou plusieurs rangées), une production axile dont la dernière cellule, celle du sommet, se divise et donne naissance à l'embryon par la formation répétée de cellules

nouvelles; l'embryon est donc le bouton terminal de cette production, destiné à fournir, par son développement ultérieur, l'individu complexe insexué, la plante proprement dite. L'embryon, d'après cela, n'est pas le germe de la plante; c'est la plante elle-même, qui, après une période de repos physiologique, commencera une évolution nouvelle, d'où sortira un végétal complet, c'est-à-dire un individu d'ordre supérieur, composé d'axes et de bourgeons formant comme autant d'individus simples. „Gemmae totidem herbae" (Linné).

Les deux formes successives de la plante ont de cette manière une durée d'existence très inégale; la première, le proembryon, meurt aussitôt que l'embryon s'est constitué définitivement; la plante vasculaire insexuée, au contraire, montre une existence illimitée, au moins en apparence, car au fond les choses se passent d'une manière différente. Chaque bourgeon ou chaque axe, en effet, est un individu distinct; l'axe qui ne fleurit pas ne continue d'exister que comme point d'insertion pour des axes suivants, et l'axe qui fleurit, qui a produit des feuilles à microspores ou à macrospores, meurt également. Chez les Gymnospermes en général, et surtout chez les Cycadées, la forme proembryonnaire persiste pendant beaucoup plus longtemps qu'à l'ordinaire; elle est aussi beaucoup plus composée, car tandis que chez les Angiospermes le proembryon ne forme qu'un simple axe, représenté quelquefois par une seule cellule, et ne donne naissance qu'à un seul bourgeon, un seul embryon, un seul individu, le proembryon des Gymnospermes se divise en branches et donne naissance, ou peut donner naissance, à plusieurs bourgeons ou embryons; il imite en quelque sorte la forme supérieure insexuée par sa ramification et la production de bourgeons multiples réunis en un ensemble. Si l'on considérait la vie des cellules génératrices, des microspores et des macrospores, comme se terminant au moment de leur union mutuelle, opinion qui pourrait très bien se soutenir, alors il y aurait une alternance triple des formes dans les limites de l'individu. Mais il paraît plus simple d'admettre un individu insexué, d'une organisation plus parfaite, lequel, par voie de génération, par différenciation en deux états

distincts, donne lieu à la production d'un organisme plus simple et d'une courte durée d'existence, pour retourner ensuite à la forme première, d'organisation supérieure et de vie persistant indéfiniment.

Chez les Cryptogames vasculaires la génération alternante se manifeste plus clairement, parce que les deux formes apparaissent librement à l'extérieur, tandis que chez les Phanérogames l'organisme cellulaire transitoire est renfermé dans une partie de l'organisme supérieur. Des spores produites par la plante vasculaire insexuée se développent en organismes d'une structure simple, purement cellulaire (les prothalles), lesquels donnent naissance aux cellules de la génération; chez les Cryptogames vasculaires inférieurs les deux sexes proviennent de la même spore, chez les supérieurs de spores différentes, les unes microspores (mâles) les autres macrospores (femelles); mais, dans les deux cas, de leur union résulte un individu nouveau, qui possède des faisceaux vasculaires, est différencié en tige et feuilles, et est privé de sexe. Ici encore, l'embryon ne provient pas directement de la cellule centrale de l'archégone: le premier produit est un proembryon, dont la cellule terminale devient l'embryon. Ainsi donc: chez les Phanérogames les cellules génératrices naissent sur la forme vitale supérieure, chez les Cryptogames, sur la forme inférieure.

M. Hofmeister a fait remarquer que les Conifères (les Gymnospermes) sont, par rapport au développement de l'embryon, intermédiaires entre les Cryptogames supérieurs et les Phanérogames. Chez les Gymnospermes l'amnios est de bonne heure libre et sans union avec les tissus qui l'entourent; la formation de l'endosperme est comparable à la production du prothalle; les corpuscules sont tout à fait analogues aux archégones. L'amnios des Gymnospermes est donc comme une spore qui reste contenue dans le sporange; le prothalle qu'elle engendre ne se montre pas à l'extérieur; la matière fécondante doit, pour atteindre les archégones, se frayer un chemin à travers les tissus.

Les corpuscules indiquent toutefois, par leurs nombreuses vésicules, dont une seule est fécondée, un état bien plus complexe que chez les Cryptogames vasculaires; chez ceux-ci, au moins chez

les Fougères, il n'y a qu'une seule de ces vésicules, la cellule mère de l'embryon ou plutôt du proembryon.

M. Hofmeister voit, avec raison, une grande différence en ce que, chez les Gymnospermes, la fécondation se fait, comme chez les autres Phanérogames, au moyen du tube pollinique, tandis que chez les Cryptogames vasculaires ce sont des spermatozoïdes qui sont chargés de cette fonction. Le contraste est, en effet, très tranché sous le rapport anatomique, mais il semble moins marqué au point de vue physiologique. La matière que l'élément mâle porte dans l'élément femelle, et par laquelle celui-ci devient le siége d'une nouvelle évolution végétative, est vraisemblablement de nature analogue dans les deux cas. La différence concerne plus la forme extérieure de la fonction. Chez les Phanérogames, une cellule entière, le tube pollinique, dépouillée de son enveloppe secondaire, se meut vers la cellule femelle, à laquelle son fluide fécondant doit se transmettre par pénétration osmotique; chez les Cryptogames, ce sont de nombreuses cellules filles (les spermatozoïdes) qui sortent de l'anthéridie et qui, à l'aide d'un pouvoir de progression propre, et sous l'influence des conditions environnantes, s'insinuent dans l'archégone et pénètrent à l'intérieur de la cellule génératrice femelle. Mais quant à une opposition essentielle et fondamentale entre le contenu du tube et celui des spermatozoïdes, on ne peut plus l'admettre depuis que l'on a appris, surtout par les recherches de Schacht, à mieux connaître la nature des spermatozoïdes [1]). Il faut ajouter à cela que, chez les Conifères, il n'est pas rare de voir le tube pollinique pénétrer dans le corpuscule après en avoir perforé le sommet.

Le parallélisme qui s'accuse de cette manière entre les Cryptogames vasculaires et les Gymnospermes, non seulement comble, jusqu'à un certain point, l'hiatus qui séparait jusqu'ici les Pha-

[1]) Schacht, *Die Spermatozoïden im Pflanzenreich*, 1864. — Je n'ai pas connaissance de données précises sur les propriétés chimiques des spermatozoïdes; il ne serait pas sans intérêt de savoir si le phosphore y entre en aussi forte proportion que dans le pollen (*Comp.* Corenwinder dans les *Ann. des Sciences nat.*, 4e Sér., XIV, p. 49).

nérogames et les Cryptogames (point qui a été développé dernièrement par M. Kirckhoff dans une note pleine d'intérêt insérée dans la *Botanische Zeitung*, 1867, Nos 42, 43), mais il nous rappelle aussi que ce furent précisément les Cryptogames vasculaires, avec les Gymnospermes, qui jusqu'à l'époque crétacée (en ne tenant pas compte d'un petit nombre de Monocotylédones) représentèrent les plantes supérieures. Le passage aux formes plus compliquées des Phanérogames, à la fleur hermaphrodite et à la structure angiospermique est indiqué pour nous par des types vivants de Gymnospermes. C'est ce que montrent les genres Ephedra et Gnetum (ce dernier avec 2 téguments ovulaires), par la structure de leur tige, par leurs feuilles et par les rudiments d'enveloppes périgoniales des ovules encore nus. Le Welwitschia à son tour, dont la structure nous a été dévoilée d'une manière si complète par l'excellent travail de M. J.-D. Hooker, tout en rappelant les Cycadées par la forme de sa tige, les Conifères tropicales par ses feuilles, le Gnetum par son inflorescence, fait d'un autre côté le premier pas vers l'hermaphrodisme (encore étranger aux premiers Phanérogames, jusqu'à la période crétacée et peut-être au-delà) par le développement d'organes mâles dans un même périgone avec un ovule nu. De là, l'organisation s'élève en passant au groupe des Loranthacées, pris avec la signification que lui a donnée M. Baillon [1]). Chez le Welwitschia, en effet, l'hermaphrodisme est encore incomplet; chez les Loranthacées nous le trouvons déjà à un degré plus avancé de développement. Considérés de cette manière, les organes rudimentaires apparaissent, non comme des parties atrophiées, mais comme les premiers pas vers un plan d'organisation plus compliqué, qui ne se réalise que lentement dans le cours des temps.

Dans la génération agame les individus sont reproduits avec tous leurs caractères; ils forment comme une chaîne indéfinie de ramifications identiques, et il est rare que ce mode de reproduction donne naissance à une forme déviée. Dans la génération sexuelle

[1]) *Mémoire sur les Loranthacées.*

cette constance des formes et des caractères n'est plus possible. Les deux individus qui donnent naissance au nouvel être ne sont pas partout et toujours dans une relation uniforme. Si nous mesurons les grains de pollen fertiles d'une certaine espèce, nous leur trouvons bien une grandeur moyenne, mais ils diffèrent pourtant entre eux par les dimensions, sans parler de la différence du contenu. Il en est de même pour les parties de l'organe femelle. Les vésicules embryonnaires fécondées doivent donc également différer de l'une à l'autre dans le même individu; elle renferment les propriétés du parent mâle et du parent femelle, comme le montre d'une manière si frappante la production des hybrides, mais ces propriétés se sont mélangées chaque fois dans un rapport légèrement varié. Cette loi, dont les effets sont si prononcés dans l'hybridation, doit aussi se faire sentir, quoiqu'à un moindre degré, lors de l'union de microspores et de macrospores provenant de la même espèce mais d'individus différents. Le di- et trimorphisme des fleurs, la fécondation dichogame, — déjà indiquée par Chr. K. Sprengel dans son admirable ouvrage (*Das entdeckte Geheimniss der Natur.*, *etc.*), et que, plus récemment, M. Darwin et beaucoup d'autres à sa suite ont mise dans un jour plus éclatant, — nous a convaincus que, même chez les plantes hermaphrodites, la fécondation des fleurs par elles-mêmes est beaucoup plus rare qu'on ne l'avait cru autrefois [1]). Le changement de formes de l'espèce est ainsi impliqué dans la fécondation, et, dans la succession d'individus à laquelle cette fonction préside, nous constatons la loi que chaque fois les derniers doivent différer un peu de ceux qui les ont précédés. N'est-ce pas à ce principe intrinsèque de variation qu'il faut attribuer, à côté du jeu de la sélection naturelle et de l'influence des conditions extérieures, un rôle considérable dans le développement progressif du règne végétal? Si tel est effectivement le cas, la plus grande somme de modifications, la plus grande diversité d'espèces devra se rencontrer dans les groupes dioïques et

[1]) Fr. Hildebrand, *Die Geschlechtsvertheilung bei den Pflanzen*, 1867.

monoïques, et en général là où les fleurs ne se fécondent pas elles mêmes. L'ascension de l'organisation à un degré supérieur de complication est une loi écrite dans l'histoire du monde organique, et dont la cause véritable réside dans l'organisation ellemême, tout comme le développement de l'individu est invariablement déterminé dans les propriétés de la cellule embryonnaire fècondée [1]).

Dans l'économie de la nature, nous trouvons entre les règnes végétal et animal des liaisons intimes et multiples, par lesquelles ils s'influencent et se régissent réciproquement. Après avoir reconnu la loi fondamentale, que les composés chimiques qui servent à l'édification du corps animal sont élaborés par les plantes, nous constatons aujourd'hui que, d'un autre côté, le règne animal forme un élément indispensable pour l'existence des végétaux. La fécondation, dans la majorité des cas condition nécessaire de la reproduction des espèces végétales, n'est dans la plupart des cas possible chez les plantes angiospermes que grâce à l'intervention des Insectes. Là ou l'on ne voyait autrefois que des cas isolés, auxquels on attachait peu d'importance, la science moderne a découvert une loi naturelle, en même temps qu'elle a montré que ce sont surtout les Diptères et les Lépidoptères, les Insectes suceurs en un mot, qui, fécondateurs inconscients des plantes, remplissent dans la nature le haut et puissant office de conservation du règne végétal, en ce qui concerne les ordres supérieurs. Nous pouvons aussi considérer cette relation au point de vue historique, et demander

[1]) Parmi les phénomènes complétement inexpliqués il faut ranger incontestablement la loi que beaucoup de fleurs hermaphrodites ne peuvent se féconder ellesmêmes, et qu'elles ont besoin de l'intervention du pollen d'une autre fleur de la même espèce, ou même, dans quelques cas, d'une espèce différente. „Nature tells us in the most emphatic manner that she abhorrs perpetual selffertilisation" (Darwin). Y a-t-il dans l'évolution de la nature organique une tendance à arriver à la possibilité de cette „fertilisation par soi-même?" La séparation des sexes est propre à toutes les plantes inférieures; le règne végétal a commencé par là et s'est tenu à ce caractère dans toutes les périodes anciennes. L'hermaphrodisme s'est constitué plus tard, et, physiologiquement, il n'existe encore que rarement. (*Voyez*, sur l'hermaphrodisme dans sa forme parfaite, Hildebrand, *l. c.*, p. 57).

de quelle époque elle date. Les savantes recherches sur les Insectes fossiles, que l'on doit à MM. Germar, Unger, Oswald Heer et autres, ont démontré que tous les Ordres des Insectes n'ont pas paru simultanément. Aux époques paléozoïques, lorsqu'il n'existait pas encore de Dicotylédones angiospermes, vivaient des Coléoptères, des Orthoptères et des Névroptères, c'est-à-dire des Insectes broyeurs, qui ne visitent pas les fleurs pour y chercher le nectar. Les premiers Diptères datent de la période jurassique, mais l'apparition en grande quantité des Insectes suceurs tombe dans et après la période de la craie, alors que les plantes à pollen et à carpelles clos se montrèrent et acquirent peu à peu la prépondérance dans le règne végétal.

Quand on examine les relations des organes sexuels chez les plantes, il semble, en beaucoup de cas, que la fonction de la fécondation ait été rendue en quelque sorte difficile, ou même impossible: on dirait que la nature ne veut voir son but atteint qu'au moyen d'un détour. En ce qui concerne les Angiospermes, la connaissance plus précise de l'intervention des Insectes a déjà beaucoup éclairci le mystère.

Mais il y a d'autres grandes divisions du règne végétal où cette intervention n'a pas lieu, et ce sont celles qui existaient déjà avant les Insectes suceurs. Je regarde comme tels tous les Cryptogames; chez eux les spermatozoïdes se meuvent vers l'organe femelle par l'intermédiaire de surfaces humides, de gouttes d'eau, etc. Pour les Phanérogames dioïques et monoïques, qui ont précédé les espèces hermaphrodites à la surface du globe, leur pollen, d'une abondance excessive, est transporté par les airs, et il y a de grandes chances pour que l'un de ces milliers de grains parvienne à sa destination. Quant aux Cycadées, je ne leur connais jusqu'à présent aucune propriété qui soit de nature à attirer les Insectes, spécialement vers leurs cônes femelles, ni nectar floral, ni couleurs, ni odeurs; d'un autre côté, quand on tient compte de leur diœcisme et de l'exacte occlusion de leur cônes femelles (sauf dans les Cycas, où les ovules portent vers le dehors l'exostome qui doit donner accès au grain de pollen), il devient presque

impossible de comprendre comment le pollen peut pénétrer dans les ovules retournés de manière que leur ouverture, au lieu de regarder la périphérie, s'applique contre l'axe du cône; la difficulté augmente quand il arrive, comme chez certaines espèces de Dioon et d'Encephalartos, que le cône entier, recouvert d'une pubescence serrée, est comme enveloppé dans un tissu de laine. La nature trouve pourtant son chemin, comme le prouvent les nombreuses graines pourvues d'embryon que le cône mûr nous offre, tout aussi bien que chez les Conifères, où il nous est facile de découvrir, dans notre propre climat, le pollen fixé sur le nucelle. Les groupes de plantes dont l'origine remonte à l'époque paléozoïque se montrent donc indépendants du secours des Insectes; ils sont encore aujourd'hui comme aux premiers temps de leur existence, et nous voyons la nature se servir d'autres moyens pour amener les microspores en contact avec les macropores.

Je traiterai plus tard de la succession des formes des Cycadées durant les diverses périodes géologiques.

Cycas Linn.

Après que Linné eut établi ce genre et en eut décrit une espèce, *C. circinalis*, à laquelle Thunberg en ajouta une autre, *C. revoluta*, R. Brown fut le premier à faire remarquer, en 1811, que sous le nom de *C. circinalis* plusieurs espèces différentes avaient été confondues: „sub nomine C. circinalis plures species procul dubio confusae, e vivis solummodo extricandae. Duae in Indiâ orientali proveniunt, quarum altera C. circinalis vera, ex synonymo Rheedii et icone ineditâ zeylanicâ Hermanni; altera a plantâ Madagascariensi D. Du Petit-Thouars vix diversa; a priori duae sequentes Novae Hollandiae ut distinctae species dubie proponuntur" (*Prodr.* p. 347—348). Roxburgh décrivit, dans le troisième volume de la *Flora indica* (publié en 1832 à Serampour), deux espèces reçues des Moluques, dont il identifia l'une avec *C. circinalis* et nomma l'autre *C. sphaerica*. Entre-temps, Loureiro avait

décrit dans sa *Flora Cochinchinensis*, parmi beaucoup d'autres plantes douteuses, un *C. inermis*, espèce que personne n'avait vue et dont la valeur spécifique inspira tout d'abord des doutes. En 1840, je montrai que l'espèce décrite par Rumphius dans le *Herbarium Amboinense* différait du *C. circinalis* Linn., et je la décrivis sous le nom de *C. Rumphii* (*Comment. Phytogr.*, p. 120); ce fut à tort toutefois, à ce que je crois aujourd'hui, que je regardai comme espèce distincte (*C. celebica*, *l. c.*, p. 126) le Cycas de Célèbes mentionné par Rumphius. Ce fut à tort aussi que le Cycas de Madagascar fut désigné sous le nom de *C. madagascariensis*, puisque R. Brown avait déjà proposé, il est vrai sans diagnose et avec quelque doute, le nom de *C. Thouarsii*. Dans ma *Monographia Cycadearum*, publiée en 1842, les espèces décrites par Roxburgh ne furent pas mentionnées, le tome troisième de la *Flora* de cet auteur ayant été édité aux Indes et n'ayant été connu sur le continent de l'Europe que longtemps après. Outre les espèces déjà nommées, je décrivis, dans ma Monographie le *C. Wallichii*, d'après des échantillons provenant du jardin botanique de Calcutta et conservés dans l'Herbier de Paris, qui me les avait communiqués. Le *C. glauca*, espèce douteuse des jardins, fut admis également, et en somme le nombre des espèces s'éleva à 10. Dans l'Inde anglaise Griffith avait distingué, outre le *C. pectinata*, encore trois autres espèces, qui ne furent connues que par la publication posthume du tome IV de ses *Notulae*; il résulte d'échantillons qui m'ont été communiqués, que le *C. pectinata* est la même espèce que j'avais publiée antérieurement sous le nom de *C. Wallichii*. J'ai trouvé de la même manière que le *C. sphaerica* de Roxburgh n'appartient pas, comme je l'avais supposé (*Analect. bot. indica*, II, p. 33), au *C. circinalis*, mais qu'il représente une espèce distincte. Dans les *Analecta* cités je décrivis également, comme *C. inermis* Lour., un *C. revoluta* à pétioles non épineux; mais, une observation suivie m'ayant fait reconnaître mon erreur, je ramenai la plante aux formes du *C. revoluta*, sans trancher toutefois la question de son identité avec le *Cycas* décrit par Loureiro; à cet égard, l'herbier de ce

savant pourra seul fournir les lumières nécessaires [1]). Plus récemment le genre *Cycas* a encore reçu quelques accroissements qui ne sont pas sans importance. Le *C. Ruminiana*, bonne espèce, à ce qu'il paraît, mais trouvée jusqu'ici uniquement à l'état stérile, a été rapporté des îles Philippines et introduit dans nos jardins. En 1862, M. Teysmann découvrit à Siam une espèce très remarquable, que j'ai décrite d'une manière détaillée dans la *Botanische Zeitung* (*C. siamensis*); enfin j'ai fait connaître dernièrement, dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences d'Amsterdam, une espèce trouvée dans la Nouvelle-Hollande (*C. gracilis*). Les noms qui figurent dans les catalogues des horticulteurs, par exemple *C. speciosa*, *squarrosa*, *humilis*, etc., font double emploi avec ceux d'espèces déjà connues.

Considéré dans son ensemble, le genre occupe une aire géographique très vaste, qui forme une ellipse étendue des deux côtés de l'équateur, parallèlement à cette ligne, et dont les extrémités sont marquées, d'une part par la côte orientale de l'Afrique, ou plutôt par Madagascar et les Mascareignes, d'autre part par les îles de l'Océan Pacifique, peut-être par les îles Fidji et la Nouvelle-Calédonie. J'ignore si la limite s'étend encore plus loin vers l'est. Le genre appartient donc à la végétation indienne, en prenant cette expression dans son sens le plus large. Le point le plus septentrional paraît être situé dans l'Asie continentale, en Chine, ou aussi au Japon, si le *C. revoluta* est réellement indigène dans ce pays et non venu primitivement des îles Loo-Choo. Ce type le plus septentrional, représenté par une seule espèce, est aussi celui qui s'écarte le plus par ses caractères, surtout par la nature du tégument de l'ovule, comme je l'ai déjà indiqué

[1]) On trouvera plus loin les raisons qui m'obligent à persister dans ma dernière opinion, au lieu de revenir à la première, comme le voudrait mon collègue M. C. A. J. A. Oudemans. En général, depuis que la science à renoncé à la notion absolue de l'espèce, telle qu'elle avait été donnée par Linné, les discussions portant sur des espèces très voisines doivent être regardées, dans beaucoup de cas, comme stériles; l'étude du genre dans son ensemble peut seule fournir une base assurée à la détermination des espèces.

plus haut; la métamorphose de la feuille carpellaire y est le moins avancée, c'est-à-dire que cette feuille diffère moins de la forme ordinaire que chez les autres espèces. Celles-ci forment une série dans laquelle les termes sont très rapprochés les uns des autres, et dont chaque membre ou espèce paraît avoir une extension géographique relativement bornée. L'espèce de Siam est intermédiaire entre les deux types par la forme de ses carpophylles, et de plus caractérisée par les dimensions restreintes de ses parties. Les espèces, en grande partie insulaires, qui se groupent autour du *C. circinalis*, sont tellement semblables entre elles qu'il n'y a pas lieu de s'étonner qu'autrefois, par défaut de comparaison mutuelle, on les ait toutes confondues avec le *C. circinalis*; cette circonstance fait que, même aujourd'hui, il est encore très difficile de déterminer exactement, d'après les données des auteurs, la distribution géographique de cette espèce.

Les espèces de ce genre, surtout quand on tient compte de ce que la plupart habitent aujourd'hui des îles, sont très propres à fournir un appui à la théorie qui regarde les espèces actuelles du monde organique comme des transitions entre les formes passées et les formes futures, et les espèces voisines comme des descendants différenciés d'une même espèce antérieure. Les Cycas sont caractérisés par une similitude complète d'aspect et de structure des tiges, qui ne diffèrent que par plus ou moins de grandeur. Les feuilles des *C. circinalis*, *Rumphii*, *media*, *angulata*, *sphaerica*, *pectinata* ne se distinguent qu'en ce que les folioles sont un peu plus étroites dans une espèce, un peu plus larges dans l'autre; mais des variations pareilles s'observent aussi dans la même espèce, suivant les différences d'âge et de localité, suivant les circonstances favorables ou contraires. Ce n'est que chez le *C. revoluta* que les feuilles s'éloignent un peu plus du type ordinaire, par leurs folioles étroites et à bords roulés en dessous. Les carpophylles offrent des différences plus prononcées, mais entre les formes extrêmes, les carpophylles à lames profondément pinnatifides des *C. revoluta et siamensis*, et les petits carpophylles finement crénelés du *C. gracilis*, nous trou-

vons une suite continue de formes intermédiaires, qui toutefois se montrent douées de fixité dans l'ordre actuel des choses. Je ne trouve de différence bien accentuée que dans les ovules tomenteux du *C. revoluta*, qui éloignent cette espèce de toutes les autres; encore le *C. siamensis* vient-il combler un peu la lacune: son carpophylle est sur le type de celui du *C. revoluta*, mais ses ovules sont glabres comme dans les autres espèces. Les différences des androphylles sont bornées à leur grandeur et au prolongement plus ou moins considérable du sommet stérile.

Dans cet état de choses il est clair que, au point de vue systématique, les différences peu considérables en elles-mêmes, mais constantes, que présente la forme des carpophylles ont une grande valeur pour la fixation de l'espèce, de même que l'organisation de ces organes donne la base pour l'établissement des genres. Des modifications en apparence insignifiantes du type fondamental des carpophylles prennent ici une importance majeure, surtout quand elles s'accompagnent de traits spéciaux dans l'habitus, les caractères des feuilles et la distribution géographique.

La comparaison des formes végétales vivantes avec des formes voisines éteintes, mais ayant appartenu à des périodes qui, au sens géologique, sont liées à la nôtre, a, dans beaucoup de cas, porté à un haut degré de probabilité l'hypothèse qui considère les espèces actuelles comme dérivées d'espèces antérieures. On peut étendre cette méthode à des périodes plus longues et plus anciennes, et en transporter l'application des espèces aux genres. M. Brongniart est le premier qui ait réuni sous le nom de *Cycadites* des formes analogues aux *Cycas*. Ce sont des feuilles de différentes espèces provenant du greensand de Koepinge et Hoer et des couches wealdiennes de l'Allemagne. Les espèces qu'on cite du lias de Cobourg et des lettenkohle de la Thuringe, ces dernières déterminées par M. Hallier d'après des exemplaires incomplets, me paraissent très douteuses, et je ne me hasarde pas à affirmer que le genre Cycas fût représenté à l'époque où le groupe des Cycadées semble avoir atteint son point culminant, c'est-à-dire dans la période jurassique. Tous les genres de cette

période appartiennent à la division des *Zamieae* quant à leurs feuilles, tandis que quelques tiges fossiles paraissent indiquer le groupe des *Encephalarteae*. En général, les Cycadées jurassiques rappellent plus les types américains que ceux de l'Ancien Monde.

Cycas Linn.

§ 1. *Ovula tomentosa. Carpophylli lamina profunde pinnutifida.*

1. C. revoluta Thunb. *Fl. Jap.* p. 229. Foliola densa linaria spinoso-pungentia rigida margine revoluta; petiolus spinosus (in var. interdum inermis); carpophylla dense hirsuta, laminâ profunde pinnatifidâ, segmentis apice spinosis; ovula tomentosa.

Species diu cognita, culturâ in regionibus calidioribus totius fere mundi dispersa. Conf. *Monogr. p.* 23, *Epicrisis in Tijdschr, v. d. Wis- en Nat. Wetensch.* I. *p.* 285. *Prodr. p.* 6 *et* 16. — Zuccarini *in Abhandl. d. Math. Phys. Kl. d. Bayer. Akad. d. Wiss.* II. 3, *p* 237. — Quae iam ante Thunbergium de hac specie innotuerunt, in *Monogr. l. c.* commemoravi. — Num haec species revera uti Thunberg aliique statuunt in Iaponiâ nec non in Sinâ sponte crescat, nondum satis evictum videtur. Fide *Encyclopediae Japonic. vol* 88, *p.* 13 *et libri cuiusdam sinensis* ex insulis Loo Choo esset introducta; hoc autem iam antiquissimis temporibus factum fuisse, probant vetustissimae arbores, quas iam medio saeculo XVI plantatas fuisse, in libris iaponicis legimus. Celebris est grex arborum huius Cycadis prope coenobium Meô-Kok-zi, mirâ pulchritudine insignis, e 23 maioribus et 78 minoribus conflata (an rami vel unius arboris proles sint aut arbores totidem singulae, haud constat). Caeterum hoc tempore in Iaponiâ ubique ornatus causâ plantatur et tanquam immortalitatis symbolum a Buddhistis religiose colitur. — Quum autem Doct. Buerger aliique nostrorum collectorum in ins. Kiusiu, in regione itaque australiore, hanc speciem ut videtur omnino spontaneam invenerint, ad species indigenas eam referendam esse crederem. — Variat haec species sub culturâ et faciem diversam induit sub calidiore coelo. Facilius quam reliquae species gemmas laterales efformat nec raro gemmae laterales unum alterumve folium efformantes bulbiformes in trunco praesertim versus basin observantur, quae gemmâ terminali suppressâ in breves ramos excrescunt. Tali modo explicatur *forma polycephala*, quam descripsit G. Vrolik in *Actis Novis Institut. Reg. Nederl. vol.* XII. *p.* 193, *tab.* I; cuius truncus apice subflabellatim in ramos crassos abit. — Singularis est *forma pygmaea*, artificiose ab hortulanis iaponensibus educata. — *Varietates* autem proprie dicendae:

Var.? *planifolia*, *Monogr. p.* 25, foliolis latioribus parum revolutis, l. c. descripta, cuius vero organa genitalia incognita, hanc ob rem dubia. In Europae

hortis occurrit, incertae originis. — Valde similis foliis C. siamensi, sed truncorum fabricatione C. revolutae aequalis.

Var. *inermis* Miq. *l. c.* Conf. *Prodr. p.* 16: „forma insignis, petiolis (nec tamen in plantâ iuvenili) inermibus, foliolis latioribus (nec constanter), in caldariis temperatioribus ad normalem C. revolutam tendens." — Nuper speciem bonam esse, quemadmodum ipse olim credidi, contendit cl. C. A. I. A. Oudemans (*Versl. en Meded. d, K. Akad.* II. *p.* 145 nec non in *Archives Néerl.* II. *p* 385), adductis rationibus ex ovulorum diversâ formâ praesertim petitis. C. inermis ovula magis ellipsoidea, C. revolutae magis obovoidea apice latiore emarginata paullisper maiora esse in exemplaribus ab auctore comparatis, lubens concedo, sed ovula haec sterilia non foecundata diversam aliquatenus formam induere potuisse non mirum, quâ de re confer quae supra de formâ ovulorum a diversâ endospermii evolutione pendente monui. Numerus fasciculorum vasorum stratum extimum integumenti percurrentium constantem haud esse, figuris ab auctore propositis ipsis comprobatur [1]) et plus semel observavi; fasciculi inferne saepe adeo approximati sunt ut in sectione transversâ unum fasciculum exhibeant. — Quaenam fuerit ipsa species Loureireana in huius herbario enucleandum. — Moneam adhuc in icone C. revolutae a Giseke (Linnaei *Ordin. nat.*) editâ in eodem carpophyllo ovula sterilia maturescentia tam obovoidea quam ovoidea occurrere; in icone carpophylli C. inermis quae in horto Amst. adest, a me in *Analectis* editâ, etiam ovula non prorsus ellipsoidea sed leviter obovoidea observavi (*fasc.* II. *tab.* IV. *fig.* 6). — Magnitudinis levius discrimen a cl. Oudemans indicatum hâc in re haud multum valere crederem. — Apices segmentorum carpophylli et in varietate *inermi* spinescere, observavi et icone (*Analect.* II. *l. c.*) delineavi.

§ 2. *Ovula glabra; carpophylli lamina profunde serrata usque serrulata, in sequenti specie vero profunde pinnatifida.*

2. C. **Siamensis** Miq. in Mohl et Schld. *Bot. Zeitung*, 1863 p. 333. Truncus humilis; petiolus spinosus; foliola utrinque 50—65, infima et suprema abbreviata, omnia decurrenti-inserta lineari-lanceolata spinulose mucronato-acuta, basi leviter attenuata, plana, margine levissime incurva; carpophylla sordide tomentosa, ovulis glabris, utrinque uno, laminâ profunde pectinato-pinnatifidâ, segmentis utrinque 10 pluribusve subglabris apice spinosis.

Reliqua conf. l. c. Truncus brevis in omnibus exemplaribus quae vidi; petioli 3—6 poll. longi dorso applanati, antice trisulcati, praeter partem inferiorem spinulosi; foliola subdensa (in cultis distantiora) patentia, 3½—3¾ vix 4 poll.

[1]) *Comf. tab.* III. *fig. m* ubi uno latere 3, altero 4 inveniuntur; si ad basin sectio instituitur loco duorum approximatorum unum non raro fasciculum reperi.

longa, 2½ lin. lata, sursum sensim angustata; totum folium 1½—1¾-pedale, usque 7 poll. latum. — Carpophylla iis C. revolutae minora, alioquin simillima, sed ovulis glabris semiimmersis donata.

Sponte crescit in imperio *Siam*, ubi *Prong* vocatur: Teysmann.

3. C. circinalis Linn. *Syst. nat. et Sp. pl. excl. synn. praeter Hort. Malab.* Truncus elatus; petiolus inferne tetragono-subcylindricus utrinque spinulosus; foliola utrinque usque circiter 100, infima et suprema decrescentia, e basi attenuatâ et adnato-decurrente anguste lanceolata recta leviterque falcata subacuminato-acuta apice non spinescente, novella leviter glaucina; androphylla corpore locellifero cuneato, sterili in longius acumen excurrente; carpophylla longe penduncula utrinque 2—5-ovulata rufule tomentosa, inferne subtetragona, laminâ sterili e basi latocuneatâ rhombeâ marginibus superioribus et acumine utrinque argute subaequaliter serratâ (serraturis 20), in acumen angustum longum extremo apice integerrimum excurrente; semina glabra aurantiaca ellipsoïdeo-globosa.

Vera C. circinalis Linn. est species quam Rheede nomine *Toddae Pannae* in *vol.* III *Horti Malab.* pulcherrime et accurate delineavit. Linnaeus serius speciem Rumphii *Herb. Amb.* synonymis addens, primus quasi errorum auctor fuit, inde enim factum est ut plures alias species affines *C. circinalem* nuncupaverint auctores. R. Brown summo iure statuit: „Sub nomine *C. circinalis* plures species procul dubio confusae, e vivis solummodo extricandae," et 2 species in Novâ Hollandiâ boreali investigatas describens, eius diagnosibus docemur, characteres certos essentiales ex organis fructificationis petendos esse. In scriptis meis anterioribus cum verâ *C. circinali* confudi speciem quam in *Monographiâ p.* 28 tanquam *varietatem iavanicam* proposui, quae bona certe species eademque ac Cycas a Rumphio descripta. — *C. circinalem* exactissime a Rheedio delineatam fuisse, probant exemplaria in eâdem regione, scil, in orâ Canara a Metz lecta et ab Hohenackero distributa. An in hortis botanicis eadem etiam proveniat species, absque florum examine pro certo statui nequit, quum *C. Rumphii* aliaeque plures eâdem fere foliorum formâ praeditae sint. Folia in *Monogr. p.* 27—28 descripsi. Androphylla in *Analectis Ind.* II. *p.* 33, *tab.* V. *fig.* C descripsi et delineavi. Carpophylla in Rheedii tabulis eximie delineata, cum longo pedunculo 8—10 poll. longa, laminâ 2½—3 poll. longâ instructa. Exemplar Canaranum haec obfert: androphylla (a Rheedio non delineata) 2½ poll. longa, corpus locelliferum cuneatum pollicem circiter longum, apice 4—5 lin. latum, supra glabrum laeve nitidum lineâ medianâ elevatâ (haud nervus) percursum, subtus convexiusculum,

ad margines acutos usque locelliferum, areâ locelliferâ apice obsolete bilobâ; pars sterilis fertili longior e basi latâ triangulari in acumen erecto-reflexum tri-tetragonum apice glabro spinoso- pungens excurrens, tomento ochrascente caeterum undique obducta; ubi pars sterilis et fertilis tanquam duo corpora cuneata basibus iunguntur, anguli extrorsum non dilatati. Carpophyllum adest utrinque 3—4-ovulatum, pedunculo antice plano, dorso angulato, faciebus lateralibus subplanis, inde irregulariter 3—4- sub- 5-gono; lamina sterilis paullo minor quam in tabulis Rheedii, sed figura et serraturis exacte congruit. Ovulorum supremum utrinque iuxta basin laminae insertum. — Semina matura ex Rheedio flavescentia dein rubentia, ellipsoideo- globosa, sed demtâ parte succosâ putamen subglobosum videtur.

Observ. C. circinalis nomine in hortis botanicis certe plures species confunduntur quae ex sterilibus non extricandae. Quae e Iavâ advectae, probabiliter ad *C. Rumphii* pertinent. In caldariis calidioribus foliolorum latitudo increscit, et quum magis glaucescant ab hortulanis *C. glauca* nuncupari solent. — Habeo exemplar ex *insulis Nicobaricis*, foliolis fere 1 pedem longis, 7 lin. latis, quae forsan sp. propriam sistunt. — De specie aliâ forsan distinctâ, *C. glauca* vocatâ, conf. infra.

4. C. pectinata (Hamilt.?) Griff. *Notulae* IV. p. 10, tab. CCCLX, fig. 3. *C. Wallichii* Miq. *Monogr.* p. 32. Conus masc. elongato-cylindricus utrinque leviter attenuatus; androphylla maiuscula, corpore locellifero cuneato, areâ locelliferâ apice bilobâ, parte sterili ochraceo-tomentosâ e basi truncatâ subpeltatâ in acumen subulatum satis longum arrectum productâ. — Reliqua cf. l. c.

C. Rumphii Miq. *Anal.* II. *p.* 32, *tab.* V. *fig.* A, B, *quoad androphylla.* — De Vriese *Plant. rar. et nouvell. fasc.* II. *tab.* I *et* II.

Crescit in Himalaiae orientalis regione tropicâ. Colitur in h. Calcuttensi; an et in caldariis nostris occurrat? Antea folia tantum et androphylla videram, nunc mihi suppetit conus ex horto Calcuttensi missus masculinus, cylindricus, versus basin et apicem paullo angustatus, 1½ pede paullo longior, medio 5 pollicibus paullo crassior, pedunculatus, basi androphyllis abortivis sterilibus brevibus varie difformibus instructus, totus in sicco ex indumenti et locellorum colore ochrascens; androphylla patentia, apicibus contigua, multo maiora et crassiora quam in *C. sphaericâ* et *circinali*, formâ inter utramquae fere intermedia, in diversâ coni altitudine diversa, infima appendice sterili breviore munita; medii coni 1¾ poll., in supremâ et imâ eius parte 1 poll. longa, vertice 6 lin. lata, cuneiformia, sed corpore ipso (an exsiccatione?) versus paginam superiorem canaliculatim revoluto fere cylindrica adparent, in paginâ inferiore hanc ob rem convexo-rotundata quasi semicylindrica, usque fere ad basin locellifera et versus areae locelliferae apicem costâ medianâ spuriâ obtusâ munita, unde area apice quasi

biloba, costaeque bifidae ramulo singulo utrinque versus angulum corporis fere lobuliformem continuato; locelli oblongo-obovoidei usque ad basin dehiscentes ochracei, pilis circumpositis ½ longiores; corporis locelliferi pagina superior glabra laevis, costâ spuriâ percursa, in supremis et imis androphyllis non convoluta, plana leviterve concava; pars sterilis androphyllorum figurâ variat, constanter ochraceo-tomentosa praesertim in facie inferiore, in infimis vertice quasi truncata et latere utroque in angulum protracta, in convolutis sinu perpendiculari rectangulari (veluti sectio transversa corporis complicati) interiecto, e cuius angulo procedit directione erectâ processus subuliformis spinulosus (in nostris plerisque diffractus), 4—10 lin. longus, angustus uti in *C. sphaericâ* (angustior quam in icone *C. Rumphii* Rumphianâ), dorso pubescenti-tomentellus uti in *C. circinali*, apice glaber, coni superficiei quasi accumbens. Androphylla superiora pedetentim breviora latiora, magis plana, praesertim apice eandem directionem sequente ac corpus locelliferum, hinc totus vertex magis rhombeus, angulo utrinque producto complanato fere lobuliformi, multo minus tamen distincte quam in *C. sphaericâ*. Infima in cono androphylla saepe absque ullo acumine sterili; hic illic exile filiforme exsiccatum observatur. — Androphylla in *Analectis* delineata formam exhibent inferiorem, quibus corpus sterile abbreviatum. Haec in universum iis *C. revolutae* satis similia si inferiora magis mutica comparas.

5. C. sphaerica Roxb. *Fl. Ind.* III, p. 747. Foliola utrinque 80—100 lanceolato-linaria; conus masc. cylindraceus; androphyllorum pars fertilis anguste cuneata praeter basin subtus locellifera, areâ apice truncatâ, lateraliter fere ultra margines productâ; apex sterilis abrupte inflexus et in processum subulatum spinosum longum excurrens, basi utrinque precessu brevi triangulari auctus; carpophylla (ex Roxburgh) ferrugineo-tomentosa utrinque circiter 3-ovulata, laminâ sterili ovato-triangulari in acumen longum subulatum excurrente, marginibus argute profunde serratâ; semina matura subglobosa aurantiaca, leviter compressa.

Ex insulis Moluccanis in h. Calcutt. introducta. — Haud recte hanc ad *C. circinalem* me in scriptis anterioribus retulisse, docet conus masc. ex horto Calcuttensi mecum communicatus; ab illâ enim androphyllis angustioribus, processu sterili multo longiore angustiore et maxime lateralibus processulis ex apice corporis utrinque productis differt. — Caeterum conf. Roxburghii fusam descriptionem. — Conus noster diffractus, ex fragmentis pede longior, anguste cylindricus, scil. circiter 3 poll. diam., androphyllorum densorum parum pubescentium processubus subulatis rectis undique appressis extus circumdatus. Androphyllorum corpus locelliferum angusto-cuneiforme, infimorum 6, mediorum 10—11 lin. longum, apice infra processus laterales 3—3½ lin. latum, subtus bifaciale, faciebus sub

angulo obtuso coniunctis, basi imâ nudum ad insertionem leviter dilatatum, locellis undique densissime obtectum, qui ipsos margines acuto-extenuatos excedentes extus conspiciendi e longinquo margines crenulatos quasi sistunt, areâ usque ad basin partis sterilis abrupte inflexae continuatâ, sed processus laterales nudos relinquente; pagina superior corporis glabra laevis costâ spuriâ obtusâ; pars sterilis sub angulo recto reflexo-erecta, unde apex corporis locelliferi transverse rhombeo-peltiformis, ex angulo utroque processulum compressum utrinque nudum triangularem 2 lin. circiter longum exserens, quorum margo inferior acuto-extenuatus, superior depressus peltae angulos laterales efficit; ex apice peltae sub angulo recto procedit acumen spinosum anguste lineare 8—10 lin. longum, in infimis paullo brevius, magis minusve tetragono-compressum, in siccis extus sulcatum, fuscescens. Pili nulli locellis circumpositi? Indumentum in universum parcum, praesertim in apice peltiformi obvium. Semina matura ex h. Calcutt. missa cum Roxb. descriptione exacte congrua, ellipsoideo-globosa leviter subcompressa, glabra, laevia, 9—11 lin. longa; putamen subconforme subellipsoideo-globosum leviter compressum laeve, suturis obsoletioribus nec versus apicem acutis uti in *C. Rumphii*, apice tubuli rudimento instructum, 9 lin. longum. — An tabulae Rumphianae partim ad hanc speciem referendae? an praesertim icon stirpis masculae? — Carpophylla quae Roxb. descripsit iis *C. Rumphii* valde similia videntur, sed in hâc lamina sterilis angustior, acumine ipso etiam serrulato, et semina non globosa sed ellipsoidea.

6. C. Rumphii Miq. Petiolus utrinque spinosus tetragono-subcylindricus; rachis antice planiuscula; foliola utrinque 50—100 lanceolato-linearia apice subacuminato-angustata, basi leviter attenuatâ decurrenti-inserta; conus masc. ellipsoideo-oblongus demum subcylindricus, rufescenti-tomentosus; androphyllorum corpus locelliferum cuneatum, pars sterilis e basi lanceolatâ in acumen subulatum attenuata tota tomentosa, imbricatim arrecta; carpophylla longe pedunculata tomentosa, pedunculo plerumque tetragono, superne utrinque 1—3 saepius 3-ovulata, ovulis glabris semi-immersis, lamina sterilis subrhombeo-lançeolata acuminata, inciso-serrata, serraturis hic illic viridulis, acumine serrulato; semina ellipsoidea, testae parte ligneâ apice utrinque subancipiti-acutatâ.

Huius speciei indole nunc melius perspectâ, sequentia synonyma adduco:

Olus calappoides Rumph. *Herb. Amb.* I, *p.* 86, *tab.* 20—23.

C. circinalis Linn. et auctt. quoad Rumphii *syn.* — Wurmb. in *Verh. Batav. Genootsch.* III, *p.* 411. *Gaudich. in Voy. Freycin. p.* 474 *quoad pl. ex ins. Waigioe et Pisang.* — Blanco *Fl. Philipp. p.* 745? — Roxb. *Fl. Ind.* III, *p.* 746. De Vriese, *Pl. rar. et nouv., fasc.* II, *tab.* III *et* IV.

C. pectinata Bl. *Rumphia* IV, *p.* 15 *excl. syn.* Hamilt. *aliisque* (de gravissimis illius auctoris erroribus in Cycadis specierum synonymiâ conf. *Anal. bot. Ind.* II, *p.* 21 in adnot.),

C. celebica Miq. *Comment. phytogr. p.* 126. *Monogr. p.* 31. *Prodr. p.* 7, *saltem quoad tabulam Herbarii Amboin.*

C. Rumphii Miq. *Bull. Sc. phys. et nat. en Néerl.* 1839, *p.* 45. *Monogr. p.* 29. *Linnaea* XXV, *p.* 589, *tab.* II (quae carpophylla monstrosa, partim subabortiva). *Prodr. Syst. Cycad. p.* 7 *et* 17, *ubi* (*et in Analect.* II) *androphylla horti Calcuttensis excludenda, nec non syn. C. Wallichii.*

C. circinalis var. iavana Miq. *Monogr. p.* 28, *tab.* I, *fig.* T, *tab.* II, *fig.* E*. *Linnaea* XIX. *p.* 413, *tab.* I. *Prodr. p.* 7 *et* 17, excl. excl. — Bl. *Rumphia*, IV, *tab.* 176 B, 176 C, *excl. fere omnibus synonymis.*

Habitus omnino *C. circinalis*, in statu sterili haud tuto discernenda, organorum genitalium discrimen autem certissimum est. Carpophyllorum lamina in *C. Rumphii* lanceolata longe angusteque acuminata, pectinato-serrata, acumine serrulato demum spinuloso et in maturis subintegerrimo; semina matura magis ellipsoidea, eorumque putamen (i. e. pars testae interior lignosa) apice subancipiti-compressum. In *C. circinali verâ* (conf. supra) lamina sterilis latior brevior pluries serrata, in universum magis rhombea. Androphylla in acumen longius excurrunt in *C. circinali* (*Analect. boi. ind.* II, *tab.* V, *fig.* C); in *C. Rumphii* hoc brevius et in universum latius est. (Neque tamen ad hanc speciem pertinent ea quae *l. c. in tab.* V, *fig.* A, B delineavi, quae ad *C. pectinatam* Griff. certo certius referenda esse, supra exposui). — Carpophylla quae olim in *Linnaea*, XXV, *tab.* II, *p.* 589—592 tanquam verae *C. Rumphii* (quam tum a C. circinali var. iavanâ diversam esse putabam) delineavi, monstrosae prolis formas esse laminis profunde pinnatifidis, arboris continuatâ observatione edoctus sum.

Caeterum haec species, quae per Archipelagus indicum late distributa est et in regionibus maritimis, in ipso maris littore crescens „*Pakoe laut*", i. e. filix marina malaiis vocari solet, cuiusque specimina e *Iava*, *Sumatra*, *Borneo*, *Celebes* et *Moluccis* vidi, in universum humilior videtur quam C. circinalis. Ad nostram speciem *C. circinalem* Roxb. *Fl. Ind.* III, *p.* 746 in horto Calcuttensi cultam recte in me relatam fuisse, nuper mecum communicavit S. Kurz, herbarii in illo horto conservator (*Conf. Catal. h. Calc. p.* 59). — Folia cultae et spontaneae arboris quae multa vidi, magna; petiolus validus praesertim in parte superiore utrinque spinosus; rachis semiteres dorso convexa antice planiuscula vel in angulum modice prominens; foliola usque 100 utrinque numeravi sed et pauciora sunt, in spontaneis plerumque leviter falcata, 3—3½ lin. lata, in caldariis saepe latiora uti et in exemplaribus in rupibus calcareis litoreis ad Ronkop Iavae lectis, quae valde rigida, 4 lin. lata. De organis sexualibus conf. descriptiones supra laudatas. Semina matura maiora quam in *C. sphaericâ*, ellipsoidea, utrinque obtuso-rotundata, micropyle tubulosâ persistente, 2 poll. longa, ea éx horto Calcuttensi missa iis in Iavâ lectis omnino aequalia; putamen seu testae pars lignosa non crassa, basi

acuta, utrinque suturâ longitudinali manifestâ notata quae apice utrinque in marginem acutum excurrit; endospermium seu albumen lato-ovoideum, basi lato-truncatum, apice fossulâ corpusculiferâ exsculptum, 1 poll. longum, basi pollice paullo latius, $^2/_3$ cavitatis implens, strato spongioso fusco nuclei residui $^1/_3$ cavitatis occupanti impositum; superficies interna cavitatis obducitur tenui eiusdem telae strato, in superficie fusco-nitente, stratumque vasorum plane obducente, ita ut haec in hâc specie non in conspectum veniant. — Conus mas demum pede longior. Androphyllorum corpus locelliferum supra planum paullo brevius quam in *C. sphaericâ* et latius cuneatum, apice pedetentim et in iuvenili cono rectâ lineâ in partem sterilem transiens; in cono maturiore corpus patens, apex sub angulo arrectus cernitur; totus conus praeter spinescentem androphyllorum apicem tomento obductus.

7. C. media R. Br. *Prodr. Fl. N. Holl.* p. 348. Petiolus breviusculus superne utrinque spinulosus cum rachi antice planus; foliola utrinque usque 100 plurave anguste sublanceolato-linearia subacuminato-acuta, basi leviter contractâ decurrenti-inserta; carpophylla tomentosa longe pedunculata supra medium utrinque 1—3-ovulata, laminâ sterili rhombeâ grosse serratâ (serraturis utrinque circiter 12—15), acumine integerrimo quam ipsa multo breviore terminatâ; semina matura globoso-ellipsoidea obsolete angulata.

Fusior prostat descriptio iconibus illustrata in *Monogr. Cycad. p.* 26—27, *tab.* I et III, *Comment. phytogr. p.* 127. — *Prodr. Syst. Cyc. p.* 7 et 16, *excl. var. β.* — A *C. circinali* laminae sterilis formâ tuto discernenda. Androphylla non vidi, nec a Brownio observata fuisse videntur. Icones Bauerianae eximiae hanc speciem omnino illustrantes, in *Monogr.* tabulis partim repetitae.

Crescit in *Novae Hollandiae bor.* litoribus. Prostat nunc viva in hortis, et accepi nuper folium iuvenilis arboris ex h. Kewensi, in Queensland a Hill collectae, cuius petiolus trigono-cylindricus, dorso convexior, 7 poll. longus, calamo scriptorio tenuior, spinulis alternis et oppositis apice fusculis armatus; lamina ambitu lato-lanceolata, foliolis distantiusculis utrinque 22—23, patentibus, plerisque alternis, inferioribus paucis brevioribus, reliquis subaequilongis, supremis erectiusculis magis perspicue decurrentibus, omnium basi decurrente striam elevatam secus rachin efficiente, linearibus spinuloso-acutis subcoriaceis, supra lucidule viridibus cum levi glaucedine costâ non prominente planiusculâ pallidâ, subtus pallidioribus costâ prominente pallescente, ½ ped. longis, 1¾—2 lin latis, planiusculis, marginibus leviter incrassatis. — Haec foliola itaque multo angustiora quam in icone laudatâ Baueri, nostra certe planta iunior.

8. C. angulata R. Br. *Prodr.* p. 348. Petiolus tetragonus superne utrinque spinulosus; rachis fere ad apicem usque anceps; foliola

sublanceolato-linearia mutica (non pungentia) supra concaviuscula; carpophylla tomentosa modice pedunculata (pedunculo obtuse tetragono) utrinque 3—5-ovulata, laminâ sterili ovato-deltoideâ inaequaliter dentato-serratâ longe acuminatâ, acumine subulato integerrimo subaequilongo vel longiore; semina subglobosa; androphyllorum corpus locelliferum parte sterili lato-lanceolatâ recurvâ longius; area locellifera apice rotundata.

Fusior descriptio in *Comment. phytogr. p.* 129. *Monogr. p.* 26, *tab.* II (ad tabulas Bauerianas n. 284 et 285). *Prodr. p.* 6 et 16. Lamina sterilis basi integerrima, medio minutissime, superne distincte serrata. Crescit cum praecedente, a Brownio detecta.

9. C. gracilis Miq. *Versl. en Meded. d. k. Akad.* XV, p. 366. Petiolus utrinque spinosus; rachis dorso crasso-convexa, antice obtusangulo-prominens; foliola densa e basi deorsum decurrente linearia breviter spinoso-acuta, plana marginibus laevibus leviter incurvulis, rigidula, subtus parce minuteque pilifera; androphylli anguste cuneiformis corpus supra glabrum costâ spuriâ obtusâ, pars sterilis utrinque tomentosa lato-lanceolata recta, apice brevispinoso ter breviore abrupte erecto-inflexo; carpophyllum gracile praesertim versus apicem tomentellum (griseum) tri-tetragono-angulatum utrinque 2—4-ovulatum, laminâ sterili parvâ rhombeo-deltoideâ ovatove-rhombeâ, basi subcuneatâ integerrimâ, marginibus superioribus serrulato-crenulatâ, apice in brevem apiculum submuticum excurrente; semina obovoideo-ellipsoidea.

Laminae sterilis carpophylli parvae formâ et crenulis exilibus aliisque notis perquam distincta, staturâ reliquis speciebus minor videtur, excepta *C. siamensi* quae omnium humillima. Foliis *C. revolutae formae planifoliae*, quam sterilem tantum observavi, aliquomodo similis. Rachis in medio folio 2½ lin. crassa, dorso ²/₃-cylindrica, antice in angulum acie obtusum prominens; foliola basi leviter angustata, versus apicem parum contracta, breviter spinoso-acuta, pleraque leviter falcata, rigidula, in siccis pallide viridula, margine laevi subflavidulo leviterque incurvulo cincta, nervo medio utrinque prominente, subtus stomatibus irregulariter dispositis instructa, pilisque paucis teneris munita, 8—9 poll. longa, 2-fere 2⅓ lin. lata, infima paullo magis distantia 3 poll. tantum aequantia, superiora pedetentim angustiora et paullo breviora. Androphylla fere 1½ poll. longa angusta; pars locellifera sterili paullo longior cuneiformis, supra glabra costâque spuriâ percursa, marginibus acutis integerrima, subtus locellis

polliniferis pallidis fusculis obtecta, imâ saltem basi exceptâ, areâ polliniferâ ¾ poll. longâ, apice haud uti in quibusdam aliis apice bilobâ; pili tenues locellis saepe quaternatim compositis intermixti; pars sterilis utrinque ochraceo-tomentella lato-lanceolata e parte fertili rectilineo-continuata (nec uti in pluribus aliis ad coniunctionem inflexa), apice seu triente superiore mucronato-acuto abrupte inflexo; totum androphyllum medio crassius. Carpophylla singulari modo gracilia, quamvis magnitudine diversa tamen conformia, alia 9 poll. longa, pedunculo usque ad primum ovulum 3-pollicari, pars ovulifera pedunculo conformis sed paullo compressior 4 poll. occupans, lamina sterilis a basi imâ cuneatâ inde 1½—1⅔ poll. aequans; alia 6½ poll. longa, pedunculo tripollicari partem ovuliferam aequante, laminâ pollicari; alia minora pedunculo 3½, parte ovuliferâ (ovulis utrinque 2) 2, laminâ 1½ poll. aequante. Pedunculus magis minusve tetragonus sed faciebus irregularibus, anticâque ipsâ denuo subangulosâ; foveae ovuliferae utrinque 2—4, alternae, suboppositae vel in quibusdam exacte oppositae (supremae ad basin laminae), fovearum marginibus praesertim inferne prominentibus; lamina sterilis subtus vulgo costâ spuriâ percursa, inferne subcuneatim cum reliquâ parte iuncta ibique integerrima, marginibus superioribus in apiculum concurrentibus minute serrato-crenatis, sulcis e crenis continuatis, unde superficies striato-sulcata. Ovula iuniora glabra ellipsoidea, adultiora obovoideo-ellipsoidea, matura non vidi.

Crescit in *Novâ Hollandiâ boreali* prope promontorium Upstart, ubi in expeditione Burdikini detecta, a cl. Ferd. Mueller mecum communicata qui „C. media"? inscripsit, a quâ carpophyllis longe diversa.

10. C. Armstrongii Miq. *n. sp.* Folia petiolo longo prorsus inermi suffulta; rachis semicylindrica antice plana; foliola utrinque usque fere 70 patentia linearia subspinoso-acuta plana margine laevi cincta, infima non valde abbreviata, 2 suprema opposita erecto-divergentia. — *C. media* R. Br. *forma inermis m. in Linnaeâ*, XIX, p. 412. *Prodr. Syst. Cycad.* p. 7 et 17.

Folium totum in hâc specie apice ob sinum apertum inter suprema foliola divaricata vacuum racheos processulo interiecto singularem adspectum prae se fert; in *C. mediâ* foliola suprema ita conferte ordinata, ut apex laminae circumscriptione sit rotundatus. Petiolus supra basin tumidam et hirsutulam 3—3½ lin. crassus, pede longior, subtetragono-cylindricus; rachis antice plana, lineâ medianâ prominente percursa; foliola infima 3½ poll. longa, 2 lin. parum latiora, mediae frondis 2¼—2⅓ lin. lata, 5½ poll. longa; suprema 2½ poll. longa; omnia subrigidula, glabra, subtus stomatifera, utrinque lucidula, costâque utrinque prominente, supra transverse striulata (ex diachymate). — Genitalia incognita.

In *Novâ Hollandiâ boreali* ad portum Essington legit Armstrong n. 380 *herb.* Hookeri. — An in *Novâ Caledoniâ?* (cf. Observ. II).

Observatio I. Inter species huius sectionis haec sola petiolo inermi instructa, nec tamen quemadmodum forma inermis C. revolutae ad aliam speciem tanquam mera forma referri posse videtur. Foliolis enim ab omnibus mihi cognitis et ab ipsâ C. mediâ nimis differt. An ad eandem referenda sit *Cycas petiolis inermibus* quam Gaudichaud in insulâ Rawak legit, ex ipsis speciminibus quae mihi haud suppetunt. ultra eruendum. (Cf. Freycinet *Voy.*, *Botanique*, *p.* 334).

Observatio II. In horto Kewensi colitur Cycas e Novâ Caledoniâ, iuvenilis, petiolis etiam inermibus, cuius folium misit Hookerus. An eadem sit ac *C. Armstrongii* non nisi ex adultioribus exemplaribus diiudicari poterit; haud improbabile tamen videtur; frons nostra cum petiolo vix pedalis; petiolus subtrigono-vel semitereti-cylindricus, deorsum antice obiter sulcatus, prorsus inermis; foliola utrinque 7, anguste lanceolata, basi attenuatâ decurrenti-inserta, apice attenuato parum spinulosa, coriacea, supra atro viridia costâ concolore prominente, subtus pallidiora viridula costâ e flavido expallidâ planiusculâ, 5½ poll. longa, ½ medio lata. — Si non huius loci, certe species distincta habenda.

11. C. Thouarsii r. br. *Prodr.* p. 347, nomen. Petiolus semiteres superne spinulosus; foliola lanceolato-linearia subfalcata; carpophylla rufo-fulvo-tomentosa spathulata, pedunculo a reliquâ parte parum distincto, parte ovuliferâ compressâ, laminâ longulâ sublanceolatâ obtusulâ serrato-crenatâ; ovula utrinque 1—4, semina ovoidea leviter compressa flavescenti-rubentia; putamen (testa interior) ellipsoideum non carinatum; androphylla (in genere magna) corpore locellifero cuneato, apice peltatim cum parte sterili abbreviatâ inflexâ iuncto.

C. circinalis Aub. Pet. Thouars *Histoire des Végét. receuill. sur les îles de France*, X (1804) *p.* 1, *tab.* 1, II. Rich, *Comment. de Conif. et Cyc. p.* 187, *excl. syn.*
C. madagascariensis Miq. *Comment. phytogr. p.* 127.

Crescit in Madagascariâ. — Androphyllis C. pectinatae non absimilis videtur. Carpophyllis ab omnibus distincta, quippe quae non adeo distincte in pedunculum proprium constricta sunt; pars ovulifera sensim nec abrupte in laminam lato-lanceolatam expanditur.

Species nondum satis certae:

12. C. undulata Gaudich. *ap.* Desfont. *Cat. hort. Paris. ed.* 3 p. 29, Gaudich. in Freycin. *Voy. Bot.* p. 431. n. 8, est species mihi incognita. An C. Rumphii vel sequens?. — „Foliolis linearibus undulatis valde acutis membranaceis herbaceis.".— Foliola leviter undulata in uberioribus exemplaribus sequentis et C. Rumphii non raro etiam observavi.

13. C. glauca Hort. Miq. *Monogr.* p. 30. *Prodr.* p. 17. *Linnaea* XVII. p. 692. Truncus et folia iis C. circinalis et affinium simillima, sed foliola latiora, basi minus constricta, firmiora, saepe subundulata et intense glauca.

Species dubia, cuius flores nondum visi, in hortis botanicis obvia, obscurae originis. Ad *C. circinalem*, *sphaericam* et *Rumphii* vix referri potest, harum enim folia tum ex Rheedii et Roxburghii descriptionibus tum propriâ meâ observatione non adeo glauca nec omni ætate undulata. An *C. pectinata?* — Ex h. Kewensi etiam nomine *C. circinalis glaucae* accepi. Fusiorem descriptionem l. c. proposui. In hortis prostant specimina alia, staturae *C. circinalis*, foliis latiusculis, vix conspecifica, foliolis angustioribus linearibus crassioribus, sed etiam intense glaucis.

14. C. Ruminiana Hort. Mosqu. Lemaire *Illustr. hort.* XI tab. 405. — C. Rumphii, C. circinali caet., sat similis foliis, petiolo spinoso, foliolis lineari-lanceolatis acuminatis maioribus et latioribus quam illarum, saturate viridibus. Ex insulis Philippinis allata ulterius observanda.

15. 16. 17. Species a Griffithio propositae: C. Jenkinsiana, macrocarpa et dilatata in posterum illustrandae.

EXPLICATIO TABULARUM.

(Si nihil adnotatum figuras nat. magn. delineatas intelligas).

Tab. X.

Fig. 1. pars carpophylli Cycadis revolutae longitudinaliter secta, vasorum fasciculos et canales gummiferos monstrans, *a* pars nuclei libera, *b* cavum amnii, altero stadio incipiente.

Fig. 2. eiusdem ovulum, amnii cavitate iam magis auctâ.

Fig. 3--4. eadem auctiora, nuclei textu (*c*) iam partim repulso.

Fig. 5. idem provectius, *a* integumenti stratum exterius molle, *b* stratum interius lignescens exostomium pro parte constituens, *c* nuclei residuum membraniforme, *d* nucleus.

Fig. 6. idem, magis oblongum exemplar, nuclei textu copiosiore, *a*, *b*, *c* ut supra.

Fig. 7. ovulum valde iuvenile Cycadis Rumphii, magnitudine auctâ delineatum: *a* stratum ext. *b* internum integumenti, *c* nuclei tela superstes, *d* amnii cavum, membrana propria in vertice videnda, *e* nuclei pars libera seu conus, *f* eius apex.

Fig. 8 et 9. apex nuclei valde auctus, strato extimo firmiore excedente quasi tubulosus, C. Rumphii et C. revolutae.

Fig. 10 et 11. nuclei apex C. Rumphii longitrose sectus, canalibus ex telae resorbtione ortis.

Fig. 12. idem C. revolutae telâ nondum resorbtâ. *a* vertex amnii ante corpusculorum formationem, *b* eius membrana propria, *c* nuclei conus.

Fig. 13. endospermium Cycadis mediae, impressionibus fasciculorum vascularium extus pictum, apice (*a*) nuclei cono nunc depresso collapso exsiccato operculi instar obtectum.

Fig. 14. facies interior integumenti eiusdem seminis vasorum fasciculis percursa. — *b* pars lignea integumenti, *c* membrana fusca ex residuo nuclei orta.

Fig. 15. eadem Macrozamiae Fraseri. *a* epithelium integumenti partis liberae internum; inferne ubi vasorum reticulum desinit nuclei conus adnatus erat.

Fig. 16. eiusdem semen, demto strato extimo: *a* radicula progerminans, *b* conus nuclei exsiccatus endospermium apice obtegens, *c* stratum membraniforme nuclei superstes, *d* endospermium uti in fig. 13.

Fig. 17. pars lignea seminis Encephalarti speciei incognitae, a basi visa, foraminibus e fasciculis vasorum intrantibus perfossa.

Tab. XI.

Fig. 1. vertex endospermii Cycadis mediae, reiecto nuclei cono residuo, cum 6 areolis, quibus corpuscula subiacent auct. magnit. delin.

Fig. 2. sectio endospermii perpendicularis, auctâ magnitudine delineata. *a* areola, *b* cavulum quo corpusculum amplectitur, *c* corpusculum non fecundatum, *d* residua seu fragmenta corpusculorum fertilium, e quibus prodeunt proembryones, *e* cavitas endospermii centralis, in quam descendit proembryo seu suspensor embryonis.

Fig. 3. corpusculum, auct. magn. ante foecundationem.

Fig. 4. Macrozamiae Fraseri corpuscula quatuor *a*, continentia massam subcellularem exsiccatam (*b*), probabiliter sterilia, *c* fragmenta basium corpusculorum disruptorum, *d* proembryo embryones steriles tuberculiformes (*e*) undique exserens, e parte ima (hic resectâ) embryonem normalem exserens (e semine in tabulâ X, fig. 16 delineato), — auct. magnit.

Fig. 5. massa subcellularis e corpusculis (fig. 4 ad *b*) desumta et aquâ emollita, auct. magnit.

Fig. 6. paries corpusculorum valde auctus.

Fig. 7. sectio longitrorsa suspensoris seu axeos proembryonis, valde auct. magn.

Fig. 8. Macrozamiae Fraseri corpuscula, quorum apicibus adhaerent fragmenta regularia, bases probabiliter canalium conductorum coni nuclei exhibentia; massa

cellularis nunc in mediâ cavitate, proembryones sive embryonis suspensorem exserens. Auct. magn.

Fig. 9. Zamiae cuiusdam endospermium, apice nuclei cono depresso operculatum.

Fig. 10. cui deprompto corpuscula retracta inferne adhaerent.

Fig. 11. Encephalarti incogniti endospermium apice nuclei cono exsiccato obtectum, radiculâ progerminante exsertâ (e semine tab. X, fig. 17 delineato).

Fig. 12. Macrozamiae Fraseri endospermium longitudinaliter apertum cum embryone, cuius radiculae exsertae apparatus proembryonis exsiccatus adhaeret (e semine tab. X, fig. 15—16 delineato).

Fig. 13. endospermium Cycadis mediae, longitudinaliter apertum, cum embryone et suspensoris parte.

POST-SCRIPTUM.

Pendant l'impression de ce travail je reçois de M. Masters une feuille du *Gardener's Chronicle*, renfermant sur le *Cycas revoluta var. inermis* une communication qui peut servir à élucider ce qui a été dit plus haut.

„Le *Cycas inermis* de Loureiro constitue-t-il une bonne espèce, ou n'est-il qu'une variété du C. revoluta? Les opinions ont varié considérablement à ce sujet. M. Miquel, le monographe de la famille, avait d'abord regardé le C. inermis comme une espèce distincte, mais postérieurement il l'avait ramené au C. revoluta. M. le professeur Oudemans, d'Amsterdam, a récemment soumis à un nouvel examen des individus en fructification des deux plantes, et il arrive à la conclusion qu'elles ont droit toutes deux au rang d'espèce. Il y a, dit le professeur d'Amsterdam, une différence considérable dans la forme de l'ovule (ce que l'observateur ordinaire appellerait la baie de ces plantes). Chez le C. revoluta cet ovule est à sommet déprimé („obcordiforme") semblable à *l'œil* d'une pomme; tandis que chez le C. inermis ce sommet est prolongé en une courte pointe. Il y a en outre des différences anatomiques et des variations dans le mode de développement, ainsi que des différences dans la forme du carpophylle, celui du C. inermis ayant des divisions plus larges, plus épaisses, étendues hori-

zontalement, tandis que dans le C. revoluta les laciniures sont plus longues, plus minces et inclinent plus vers le sommet, de manière à former avec l'axe un angle aigu, au lieu de l'angle à peu près droit qu'on observe dans le C. inermis. Nous n'avons pas eu l'occasion d'examiner les deux plantes dans l'état de jeunesse, et ne sommes par conséquent pas à même d'émettre une opinion sur les caractères que peuvent offrir les premières phases du développement; mais quelques baies mûres de C. revoluta, que nous devons à l'obligeance de M. Barnes, de Bicton, ont une forme qui rappelle plutôt celle que M. le Prof. Oudemans attribue au C. inermis; le sommet n'est déprimé que très légèrement, si même il l'est à un degré quelconque, et il se termine en une pointe saillante bien marquée, qui est même plus distincte sur la coque dure interne qu'à l'extérieur, quoique d'ailleurs la côte élevée, dont parle M. Oudemans, soit bien prononcée sur l'enveloppe charnue externe comme sur le tégument ligneux interne. En outre, les empreintes des faisceaux vasculaires sont, dans les spécimens de M. Barnes, certainement au nombre de plus de deux sur chaque côté et placés irrégulièrement, et il en est de même quant aux faisceaux qui se ramifient dans la couche spongieuse située à l'intérieur de la coque ligneuse. Sous le rapport de la couleur, nos spécimens correspondent à ce que dit M. Oudemans (rouge de cinabre, et non jaune orangé), tandis que par leurs dimensions nos baies dépassent légèrement celles qui ont été mesurées par le professeur d'Amsterdam. La feuille fructifère, le carpophylle, de la plante de Bicton s'accorde parfaitement avec la description et la figure données pour le C. revoluta. De ce qui précède nous tirons la conclusion que, en ce qui concerne les ovules mûrs, ni la forme du tégument charnu extérieur, ni celle du tégument osseux intérieur, ni la distribution des faisceaux vasculaires n'offrent d'aussi bons caractères distinctifs que le prétend notre estimé collègue."

M. Alph. de Candolle m'écrit que le Docteur Carruthers, ayant examiné dernièrement dans l'herbier de Loureiro l'exemplaire de Cycas qui représente probablement le *C. inermis*, le rapporte aux

espèces à pétioles épineux, et le compare au *C. macrocarpa.* Il résulte suffisamment de là que la plante du jardin botanique d'Amsterdam, que j'avais prise autrefois pour l'espèce de Loureiro, ne s'y rapporte pas, et que vraisemblablement la diagnose de Loureiro, dont les descriptions ne sont pas toujours également exactes, repose sur une erreur.

Deuxième partie.

Encephalartos Barteri.

Parmi les caractères particuliers de la végétation de l'Afrique, il faut compter l'existence d'un genre spécial de Cycadées (Encephalartos) à l'extrême limite de la flore dite du Cap. Là où celle-ci finit, où les nombreuses Ericacées et les Protéacées disparaissent, par exemple dans les régions de Uitenhage, se montrent les espèces de ce genre; elles sont nombreuses déjà dans le pays occupé par les tribus des Amatymbes et des Tambookos, surtout sur les montagnes basses, de 2000 pieds d'élévation, qui forment en ce point les contre-forts des hautes chaînes, de 10000 pieds, couvertes de neige. Ces districts sont situés à une distance de 1800 milles anglais de la ville du Cap. On y trouve les Encephalartos en groupes souvent éloignés les uns des autres, en colonies disséminées, entre des broussailles d'une moindre élévation. Je n'ai pu déterminer s'ils s'avancent jusque dans les îles Mascareignes, et il est encore très douteux que le „E. mauritianus" de nos jardins soit effectivement originaire de l'île Maurice.

Bien que, jusqu'à présent, on n'eût pas rencontré ce genre au-delà du 20e degré de latitude sud, j'avais toujours soupçonné que ces points d'habitation ne formaient que l'extrême limite méridionale d'une aire de distribution beaucoup plus vaste dans l'intérieur de l'Afrique (*Monogr. Cycad.*, p. 40). Cette présomption se trouve aujourd'hui confirmée, à un plus haut degré même que je ne m'y étais attendu.

Il y a quelques années je reçus de M. van Houtte, pour en faire l'examen, des feuilles d'un nouvel Encephalartos provenant, à ce que je conjecture, de la région ordinaire d'où nous parviennent ces végétaux; à cause de la forme singulière des feuilles, je donnai à l'espèce, en vue d'une révision future du genre, le nom de *E. heteropterus*.

En 1866, M. J. Yates, dont la collection de Cycadées, à Lauderdale (Highgate, Londres), jouit d'une célébrité européenne, fit don à notre jardin botanique d'un tronc vivant de *Encephalartos „Barteri,"* lequel ne possédait pas encore de feuilles et, malgré mon ardent désir, n'en a pas poussé jusqu'ici. Le nom donné à l'espèce me fit supposer qu'elle était la même que celle dont j'avais entendu parler vaguement, savoir un Encephalartos découvert, au nord de l'équateur, dans la seconde expédition anglaise sur le Niger (sous la direction du Dr. Baikie).

Ces jours derniers mon ami, M. J.-D. Hooker, m'envoya, en vue d'une détermination nouvelle, des feuilles de toutes les Cycadées existant au jardin botanique de Kew, et en même temps une feuille séchée et des cônes mâles et femelles d'un Encephalartos non déterminé, trouvé par feu Mr. Barter en Afrique, au nord de l'équateur. Il n'y avait pas de doute que ces parties n'appartinssent à la même espèce que le tronc dont j'étais redevable à l'obligeance de M. J. Yates.

Si, de cette manière, l'extension du genre au nord de la ligne équinoxiale se trouvait démontrée, je ne fus pas frappé moins vivement par la conviction que j'acquis de l'identité de cet *Encephalartos Barteri* avec celui que je possédais, parmi d'autres espèces inédites, sous le nom de *E. heteropterus* de la pointe méridionale de l'Afrique. Tous les doutes à cet égard furent levés par une feuille d'un exemplaire vivant apporté de Natal, laquelle m'était adressée par le jardin de Kew comme espèce indéterminée, et qui appartenait incontestablement à la même espèce.

Encephalartos Barteri Carruth. [1]).

Truncus ellipsoideus; folia petiolata circumscriptione lanceolata, praesertim iuniora versus basin cum petiolo griseo-hirsuta; foliola utrinque praeter inferiora abortiva circiter 45 patentia e basi constrictâ subarticulatâ (non decurrenti-adnata) lineari-lanceolata spinuloso-acuta, marginibus subparallelis distanter pauciserratis, serraturis in margine superiore saepe 4, in inferiore 4—6, vel utrinque paucioribus patule erectis subspinulosis, subcoriacea, in sicco haud crasso-pergamacea, nervis 20—24 simplicibus paucis bifidis, foliola inferiora abortiva reflexa tripartita ima ad spinas reducta; conus masc. longe pedunculatus cylindricus; androphyllis spiraliter dispositis, parte locelliferâ cuneatâ trigonâ, faciebus 2 inferioribus totis locelliferis, parte sterili brevi rectangulo-deflexâ extus peltiformi-rhombeâ vel triangulari, angulo imo deflexo apice truncato; conus femineus oblongo-ellipsoideus breviter? pedunculatus; carpophyllis haud numerosis stipitato-peltatis, peltae magnae lato-rhombeae angulis lateralibus deflexis.

Sequitur quod de hâc stirpe in itinere annotavit b. Barter:

„Cycadeous. Fronds average 5 feet high. ♂ cones 1 to 1½ feet [2]), ♀ 9 inc. to 1 foot includung peduncle. Caudex short, barely rising above the soil; maximum size 1 foot high, 9 incs in diam. Cones dark olive. Seeds crimson colour ripe. Seen only in a hot rocky valley 3 miles south of Zeba, on the Yomba side — about 300 feet above the river, 800 sea level. Lat. 9° 6′ north."

Exemplarium descriptiones:

1. Exemplaria a b. Barter collecta: *Truncus* semipedalis ellipsoideus squamatus, innovationibus villoso-hirsutis?, noster glaber.

---

[1]) J'ai appris de M. Hooker, postérieurement, que M. Carruthers, du Musée Britannique, avait donné ce nom à l'espèce, et qu'il en publiera une figure dans les *Icones plantarum* de Hooker.

[2]) Probabiliter adiecto petiolo.

Folia basi sordide ochrascenti-griseo-villosa, sensim glabrescentia, petiolata, ambitu lanceolata; *foliola infima depauperata* (satis subito nec leni transitu in normalia continuata, ita ut folii lamina normalibus foliolis munita a petiolo apice abortivorum rudimentis instructo quasi sit discriminata), parva tripartita lobis lanceolatis spinoso-acutatis, ima ad spinas trifidas denique indivisas 1—2 lin. longas redacta; *foliola reliqua* in sicco chartaceo-pergamacea lucidula nervis usque 20 simplicibus et bifidis notata, medii folii 5½ poll. longa, ½ poll. lata, serraturis in margine surperiore 3—4, in inferiore 4—5, serraturâ supremâ utrinque apici paullo minus approximatâ quam in sequentibus capensibus, quâ in re autem non nisi exiguum discrimen est. *Conus masculus pedunculo* glabro, calamum scriptorium in sicco fere crasso, hic illic cicatricibus (an squamarum deciduarum?) notato, 5½ poll. longo suffultus, cylindricus, ½ pede paullo longior, 1½ poll. diam., in sicco atro-fuscus, glabriuculus, pube tenerrimâ parcâ sub lente in androphyllorum facie externâ instructus. *Androphylla* spiraliter disposita (in dimidio gyro circiter 5), ima et suprema subdifformia, reliqua horizontaliter patentia, satis arcte contigua, cuneata, 5 lin. longa, sub apice sterili 4-fere 5 lata; pars locellifera trigona, (sed diametro tangentiali maiore), cuneata, faciebus 2 inferioribus sub angulo obtuso coëuntibus totis locelliferis, areis scil. omnino in unam confluentibus, facie superiore planâ ½ poll. circiter longâ et apice latâ, lineâ medianâ elevatiore percursâ, superne in androphylli *apicem sterilem* rectangulo-deflexum transëunte, qui crassus extus conspectus peltam referens planam rhombeam vel angulo superiore rhombi deficiente subtriangularem, apice deflexo quasi cicatrisato-truncato, angulis exterioribus peltae in corporis locelliferi margines laterales acutos transëuntibus. *Locelli polliniferi*, qui fere usque ad basin corporis obvii, ternatim et quaternatim coniuncti, ochraceo-fusci, pilis interiectis vix ullis manifestis. *Coni feminei delineatio* prostat; totus absque *pedunculo* 4½ poll. longus, ellipsoideus, *carpophyllis* in gyris magis obliquis, paucioribus quam androphylla; *carpophylla exsiccata* quae prostant ovulis nec seminibus instructa, uti reliquarum specierum pedicellato-peltata, pe-

dicello tetraquetro-compresso, peltâ transverse lato-rhombeâ 10 lin. latâ, angulo inferiore deflexo extremo quasi truncato, lateralibus arcuato-deflexis extus convexis, subtus concavis ovula obvelantibus, superiore brevi parum producto.

2 Exemplaria a van Houtte missa: — folii pars inferior, *petiolo* 5 poll. longo (usque ad prima foliola abortiva) suffulta, lanâ hic illic superstite; *foliola abortiva* exacte ut in superiore specimine, 5—7 utrinque, ima ad spinam reducta, reliqua reflexa sensim paullo maiora trilobata, lobis divaricatis pungentibus; *foliola normalia* uti in superiore sed serratura utriusque marginis suprema apici paullo magis approximata; *infima 2 foliola* ut et in superiore reliquis breviora utrinque serraturis 2 grossis instructa, transitum ad abortiva parum conspicuum sistunt. *Folium completum* sine petiolo ultra $2\frac{1}{2}$-pedale, circumscriptione lanceolatum, inferne per 7 pollicum spatium *foliolis istis abortivis difformibus* instructum; *rachis* inferne digiti minoris crassitie; *foliola normalia media* fere $\frac{1}{2}$ poll. distantia, sursum confertiora, exsiccatione exarticulanda, basi scil. constrictâ leviter tumidulâ fere subarticulatim inserta (uti in *E. cycadifolio*) cicatricem anguste ellipticam rachi parallelam relinquentia, patentia, utrinque circiter 45, lineari-lanceolata, marginibus praeter basin et apicem parallelis, serraturis uti supra descripsi, patule erectis haud valde spinosis, nervis tenuioribus (in vivo forsan obsoletis) usque 24, sed saepe 20, simplicibus et bifidis praesertim subtus distinctis; foliola vulgo recta, raro levissime falcata, $5\frac{1}{2}$—$5\frac{3}{4}$ poll. longa, circiter $1\frac{1}{2}$ lata.

3. *Folium speciminis vivi* e *Natal Promontorii B. Spei* in Hortum Kewensem introducti nullo essentiali charactere a superioribus differt, nisi quod incrementum longitudinale sub culturâ paullisper impeditum videatur, circumscriptione potius oblongum quam lanceolatum, *petiolo* griseo-hirsuto (villo deciduo) abbreviato antice bisulcato suffultum, *foliolis inferioribus difformibus* omnino uti superiorum folia instructum, a lin. 1 usque $\frac{1}{2}$ poll. longis; *foliola normalia* utrinque 33 horizontaliter in eodem plano patentia, basi leviter constrictâ sulco utrinque secus racheos (quae dorso convexe prominens) faciem anticam leviter exsertam obtusam decurrenti

affixa, lineari-lanceolata praeter suprema minora magnitudine vix diversa spinuloso-acuta, serraturis distantibus utrinque 4 et 6, superioribus paullo grossioribus ab apice non multum remotis, subcoriacea sed non rigida, supra saturate viridia, subtus gramineo viridia et nervis saturatius viridibus tenuibus non prominentibus 11—17 simplicibus et bifidis striulata, 4½ poll. longa, ½ lata. — Totum folium stirpis probabiliter iunioris (unde nervulorum etiam numerus paullo minor) 1½ ped. longum, ¾ latum, petiolo cum parte quae foliola abortiva heic confertius disposita gerit, 3 poll. occupante. Rachis dorso foliolis concolor.

Inseratur haec species prope *E. Altensteinii*, a quo autem omnino distincta.

Troisième partie.

Cycadées de la Nouvelle-Hollande extratropicale.

I. Macrozamia Miq.

(*Monogr. Cycad.* p. 35. *Prodr. Syst. Cycad.* p. 8 et 18.)

Differt ab *Encephalarto* characteribus certissimis, videlicet foliorum rachi sub vernatione aliquando etiam sub frondescentiâ leviter tortâ, foliolis, unâ specie exceptâ, basi callosis, maxime autem carpophyllorum et androphyllorum laminâ sterili magis minusve complanatâ (in aliquibus subsinuatâ Cycadis laminam serratam in mentem revocante) erectâ nec deflexâ nec truncatâ vel peltiformi uti in genere illo Kapensi. Androphylla omnino uti in *Cycade*, carpophylla inter *Cycadis* et *Encephalarti* intermedia. — Semina probabiliter etiam diversa sed in plerisque Encephalartis haud satis explorata.

Sectio I. *Genuinae.* Foliola vernatione circa rachin leviter tortam stricto-imbricata, basi constricta callosa passim calloso-subauriculata. Carpophylla et androphylla acumine pungenti terminata.

1. *M. Fraseri* Miq. *Monogr.* p. 37 tab. IV et V (*a.* 1842). Truncus demum cylindricus elatior; folia elongata robusta, foliolis utrinque ad 70 densis lineari-lanceolatis spinoso-acutis crassis rigidis subtus usque 15-nerviis, basi callosâ tumidulâ albidis; conus masc. pedunculo crasso suffultus elongato-cylindricus usque pedalis demum glaber; androphyllis in acumen longum lanceolatum pungens excurrentibus; fem. pedunculatus ellipsoïdeo-cylindricus magnus; carpophyllorum corpus peltato-compressum basi cordatum, apice in acumen complanatum subdenticulatum vel integerrimum excurrens; semina oblongo-ellipsoidea utrinque obtusa usque bipollicaria.

Syn: *Zamia spiralis* R. Brown, *Prodr.* p. 348 *partim.* Bauer, *Illustr. ined.* tab. 387—391.

Macrozamia Preissii Lehm *Pugill.* VIII, p. 31 (a. 1844). F. Muell. *Fragm. Phyt. Austr.* I. p. 41, 243, II. p. 179, III. p. 167.

Encephalartos Preissii Ferd. Muell. *Journ. Pharm. Soc. Victoria.* II. p. 90. Miq. *Versl. en Meded. Akad. v. Wet.* XV. p. 368.

Cycas Riedleyi Fisch. in *Herb. Paris.* Gaudich. *ad* Freyc. p. 432.

Truncus teste R. Brown non raro 10-pedalis; iuniorum semper vidi ovoideum. *Petioli* adultorum digito crassiores, ad 2 pedes longi, magis minusve mox semicylindrici imâ basi subcanaliculati, marginibus acutis, mox antice vix plani sed angulati, *rachis* antice plana vel prominens; *lamina* usque 5-pedalis vulgo plana, ambitu lanceolata; *foliola* inter omnes species crasso-rigentia, pungentia, infima saepe perspicue abbreviata imaque interdum plane rudimentaria, media longissima 8½—11 poll. longa, 3½ lin. lata, nervis circiter 11 striulata. De reliquis characteribus conf. libros laudatos et Heinzel *Dissert. de Macrozamia Preissii in Act. Leopold.* XXI *parte* 1; nec non icones meas in *Linnaea* XIX *tab.* II, *fig.* 1—2 et *tab.* III. — Tabulae Bauerianae in *Monogr. Cycad.* a me propositae hanc nec M. spiralem exhibent. *Conus masc.* teste Mueller semper crassior quam *M. spiralis.* Masc. coni non raro in hâc et M. spirali geminati, imo plures; an revera tunc terminales?

Crescit in Novâ Hollandiâ occid. austral., in regione fluminis Cygnorum, ad sinum maris Geographorum, Regis Georgii, ad Esperance-Bay, prope Freemantle, unde exemplaria completiora primum a Preiss advecta; ab extremâ parte australi usque ad 29° Lat. austr. in viciniâ fl. Irwing, teste Oldfield (nisi *M. Oldfieldii* intellecta); sinum Stokes-inlet versus: Maxwell.

2. *M. Miquelii* F. Muell *Fragm. Phyt. Austr.* III p. 38 *sub Enceph.* Truncus humilis; petioli basi lanati, cum rachi sursum spiraliter tortâ semitereti-compressi; lamina elongata; foliola utrinque 50—80 elongato-angusto-lanceata, a basi inde regulariter angustata acuta spinuloso-pungentia plana lucida coriaceo-chartacea, subtus nervulis 10 striulata, basi imâ constricta ad axillam antice subgloboso-callosa; conus masculus cylindricus glaber, androphyllis infimis submuticis, mediis breviter cuspidatis, supremorum acumine quam lamina breviore.

Syn. *Macrozamiae zpiralis forma tropica* Ferd. Muell. in *Herb. et* Miq. *Versl. et Meded.* XV, *p.* 368, sub *Encephalarto.* Conf. Observat. sub sequente.

Foliis a cl. Mueller missis tam a superiore quam a sequenti diversa, foliola enim numerosiora et longiora, nec non formâ et compage diversa; latitudo eorum maxima paullo supra basin pertingit, unde pedetentim modice angustantur. Conos autem haud vidi et ipse auctor non nisi masculum conum observavit. *Folia* suppetentia tripedalia; *foliola* utrinque circiter 50, 12—14 poll. longa, versus basin 3 lin. lata, suprema breviora et angustiora, omnia basi leviter constrictâ parumper torta ita ut uti in sequente et in *M. Macleayi* pagina superior sursum spectet. *Rachis* subtrigona. — In exemplaribus a F. Mueller descriptis probabiliter provectioribus foliola utrinque usque 80, media 1¾—½ pedem longa, 5—8 lin. lata, infima ad dentes spiniformes redacta, superiora passim apice uno alterove dente instructa. *Coni masc.* 8—10 poll. longi, 1—1¾ crassi.

Crescit ad ostium fl. Richmond-River: C. Moore; ad Moreton-Bay: Hill; ad fl. Fitzroy River sub circulo capricornu: A. Thozet.

Observ. An ad hanc vel ad sequentem speciem pertineat forma singularis foliolis plerisque bifidis vel bipartitis, a Carolo Moore in montibus Wambungh ad fluvium Castlereagh observata, pedunculo fem. ferrugineo-tomentoso (F. Mueller *Fragm.* V, *p.* 172)?

3. *M. spiralis* Miq. *Monogr.* p. 36, *excl. tabb. Bauerianis.* Truncus humilis; foliola utrinque usque 30 (teste F. Mueller), linearia subspinuloso-acuta, basi constricta imâ callosa et albido-pallida, patentia, non rigida, flaccidula, nervis subtus 8—10; conus masc. modice pedunculatus oblongo-cylindricus glaber, androphyllorum parte sterili inferiorum abbreviatâ triangulari, superiorum longiore, supremorum in processum longum linearem rigidum excurrente; carpophylli pelta transverse semilunaris in

processum anguste lanceolatum hemidiametro peltae aequilongum vel paullo longiorem integerrimum terminata.

Syn. *Zamia spiralis* Salisb. *Prodr.* p. 401. R. Brown *Prodr.* p. 348 *partim.*
Macrozamia spiralis Miq., Ferd. Muell. *Fragm.* I. p. 41, II. p. 179.
Encephalartos spiralis Lehm. *Pugill.* VII. p. 13. Miq. *Versl. en Meded. Akad. Wet.* XV. p. 368 *excl. Zamiâ tridentatâ.*

Haec species in hortis obvia et cum *M. Fraseri* saepe confusa, ab huius speciminibus iunioribus discernenda foliolis magis linearibus, mollioribus, patentibus; adulto statu ambae valde diversae. An haec revera sit eadem quam Salisburius primum descripsit, absque specimine auth. pro certo haud ultro statui potest quum in Novâ Hollandiâ orientali, eius patriâ, recentiori tempore aliae affines species sint detectae. Ipse tantum exemplaria culta vidi, quamobrem de huius et praecedentis speciei discrimine dubia quaedam superesse haud negandum. Vidi autem exemplaria culta aetate satis provecta, quae *M. spiralem* nostram tum a *M. Fraseri* tum a praecedente omnino diversam esse satis demonstrare videntur. *Truncus* humilis, *folia* breviora minora, *petiolis* multo tenuioribus, *foliolis* paucioribus vix plus quam 30 utrinque, angustioribus. — In specimine horti Kewensis *petiolus* compresso-teretiusculus; *lamina* 1½-pedalis, *rachi* teretiusculâ a lateribus leviter compressâ; *foliola* utrique 18—27 e basi calloso-constrictâ albido-pallidâ linearia, utrinque lucida viridula, nervis 8—10 praesertim subtus distinctis, in aliis exemplaribus provectis *foliola* utrinque 32, 7—2 poll. longa, 2 lin. lata, nervis 6; omnia basi leviter torta ut in M. Macleayi. *Conum masc.* in caldariis suis educatum benevole misit cl. J. Yates, qui cum F. Muelleri descriptione (*Fragment.* I. p. 41) satis congruit: *conus* cylindricus pedunculatus 4 poll. longus, glaber, *androphyllis* inferioribus in partem sterilem rhombeam apice brevissime cuspidulatam productis, in mediâ et superiore coni parte vero in cuspidem linearem pollicarem erecto-appressam excurrentibus; hinc *M. Fraseri* nec non *M. Oldfieldii* similia sunt androphylla, sed minora et acuminibus magis abrupte ortis angustioribus linearibus nec e basi latâ sensim lanceolatis differunt.

Crescit in Novâ Hollandiâ orientali, v. c. prope portum Iackson ex R. Brown: ad Yervis Bay teste F. Mueller, „locis sterilibus Novae Austro-Cambriae a sinu Moreton Bay portum Iackson tenus."

4. *M. Macdonelli* F. Muell. *Fragm.* II p. 170. V p. 49. Miq. in *Versl. en Meded. l. c.* p. 376, *sub. Encephalarto.* Species incerta.

Haec species in N. Hollandiâ centrali ad flumen Neales a celebri I.-M. Stuart detecta, cuius misserrima tantum frustula vidi, nimis dubia, *M. Miquelii* perquam similis videtur; discrimen ex stomatibus in pagina foliolorum superiore obviis derivatum incertum quum haec stomata demissiora in siccis aegre discernantur. *Foliola* basi callosa, 2—8 poll. longa; 2 lin. lata.

5. *M. Oldfieldii* Miq. *Versl. en Mededeel. Akad. Wet.* XV, p. 370. Folia circumscriptione lanceolata rigida; rachis semitereti-trigona dorso crasso-convexa antice inter sulcos laterales obtuso-producta; foliolis densis patentibus basi latâ aequali vix incrassatâ insertis, extremis et imis brevioribus, linearibus spinoso-acutis, basin versus vix angustatis, crassis subtus obsolete 8—4-nerviis et obtecto-stomatiferis; conus masc. pedunculo fere duplo brevior, ellipsoideo-oblongus; androphyllorum corpus patens cuneiforme, pars sterilis sub angulo recto abrupte arrecta appressa, infimorum brevis mutica lato-triangularis, superiorum longior, et denique a basi latâ in acumen spinoso-rigidum lanceolatum excurrens.

Foliorum basi non unilateraliter incrassatâ nec tortâ a superioribus speciebus statim discernenda, *foliolis* crassis a *M. spirali*, cono multo minore et longe pedunculato a *M. Fraseri* distincta; certa species, sed ex exemplaribus imperfectis tantum cognita. *Foliola* 4½—5 poll. longa, 1¾—2 lin. lata. *Pedunculus* coni maris 8½, ipse *conus* fere 4½ poll. longus, nondum perfecte maturus; *androphylla* media 12-fere 15 lin. longa, quorum pars locellifera 6, sterilis circiter 8 lin. habet.

In regione fluminis Cygnorum detexit Oldfield.

6. *M. Macleayi* Miq. *n. sp.* Truncus (iunior) ovoideus; folia distincte petiolata, petiolo trigono-cylindrico basi villoso; foliola antrorsum erecta facie superiore ob levem baseos antice incrassatae et puniceo-coloratae torsionem sursum spectantia, numerosa, lanceolato-linearia spinoso-acuta versus basin et apicem parum angustata, coriacea, rigida, subtus pallidiora 6—8-nervia, latitudine maximâ in medio obviâ; genitalia incognita.

Exemplaria sterilia quae iuvenilibus *M. Fraseri* non absimilia, aliis notis ad *M. spiralem* et *M. Miquelii* spectant, ab his autem trunci et petiolorum baseos villoso indumento, ab omnibus foliolis basi rubro-pictis et antrorsum erectis (unde lamina antice canaliculata) facile discernitur. In hortis non nisi iunior exstat, adulta quantum e semine quod habeo concludere licet, probabiliter staturam M. Fraseri aemulans. Specimen vivum horti Rheno-Traiectini: *truncus* ovoideus squamosus, squamarum vestigiis et lanugine propriâ parce griseo-villosus ½ pedem altus; foliis duobus. *Petioli* semipedales virides nitidi basi antice et postice compressi, caeterum trigino-cylindrici; *lamina* folii 1¾—2 pedes longa, ob pinnas antrorsum directas non plana; *foliola* utrinque 48, ima breviora sed reliquis aequilata, summa breviora et angustiora, reliqua omnia conformia, supra saturate viridia hic illic verrucellosa, nitidula, subtus

pallidiora et nervis 6—8 vulgo 7 striulato-subdepressis notata interque eos stomatifera, apice pungenti-spinoso-acuta, a medio versus basin et apicem regulariter angustata, imâ basi praesertim antice et in axillâ glanduloso-subcallosa et rubro-puniceo-colorata (unde elegans folii facies); mediae frondis 5—6 poll. longa, 2—2½ lin. in medio lata; rachis sursum valde angustata. tota utrinque sulco longitudinali exarata. Supremis foliolis macula rubra deest. — Folia novella tota lanuginosa, adulta praeter basin glaberrima.

In *foliis* a van Houtte nomine *Catakidozamiae Mac Leayi* missis, aliorumque hortorum nomine *Cat. Mackenzii* vel *Mackeani* (ex errore probabiliter), e seminibus ad Moreton-Bay lectis educatis *petioli* novempollicares deorsum semitereti-compressi, *laminae* 1½-pedales, *foliola* utrinque 28, media 7½ poll. longa, 1¾-fere 2 lin. lata, suprema basi leviter decurrentia. *Semen*, cuius tantum pars lignea adest, 1¾ poll. longum, inaequilateraliter obtuso-4-sub-5-gonum, faciebus 2 multo latioribus, ellipsoideum, utrinque obtusum, iis *M. Fraseri* non absimile.

Nascitur in Novâ Hollandiâ orientali, in regione fl. Moreton, ubi probabiliter detexit Mac Leay.

Sectio II *Parazamia* Miq. *Versl. en Med. l. c.* Foliola basi vix callosâ subarticulatim inserta. Androphylla imâ basi subpedicelliformi-constricta; horum et carpophyllorum appendix brevis.

7. *M. Pauli-Guilielmi* Hill et F. Muell. *Fragm. Phyt. Austr.* I. p. 86, 243, II. p. 79. Truncus cinereo-lanatus, folia subspiraliter torta, petiolo rachique antice et postice semicylindrico-compressis, illo versus basin lanato; lamina ambitu lanceolata, foliolis densis racheos marginibus insertis utrinque 80—120 erecto-patulis angustissime linearibus spinuloso-acutis integerrimis (pl. novellae apice paucidentulis), coriaceis, subtus subinvoluto-concavo-canaliculatis, basi subcylindricis constrictis et calloso-pallidis ad axillam vix callosis, sulcato-5—3-nerviis; coni glabri; androphylla corpore locellifero imâ basi subabrupte constricto caeterum cuneato, appendice sterili in apiculum brevem spinoso-acutum erecto-reflexum excurrente; carpophyllorum pelta transverse dilatata, vertice rhombeo e cristâ transversâ in brevem processulum reflexo-erectum spinosum terminato.

Syn.: *Encephalartos Pauli Guilielmi* Ferd. Mueller *in Transactions Pharmac. Society Victoria.* II. p. 91. Miq. *Versl. en Mededeel.* XV. p. 374.

Encephalartos vel Zamia *Mackenii hortor. quorundam* (an ex regione fluminis *Mackenzie?*).

Encephalartos lanuginosus hort. quorund.

Macrozamia tenuifolia hort. Kewensis, exemplaria sub culturâ habitu valde mutata.

Species perdistincta, petiolis dilatato-compressis foliolisque racheos dilatatae angulis distantibus insertis, perangustis subtusque nunc canaliculatis nunc involutis sulcato-nervosis valde distincta. Exemplaria foliorum eximia miserunt Haage et Schmidt *Erfurtenses* quae maiora adhuc quam quae a F. Muellero accepi. — *Trunci* iuniores fere hypogaei, adultiores epigaei dense lanati spithamei. *Folia* 2—3-pedalia, iuniora pilosa; *foliola* basi constrictâ et heterochroâ sed vix nisi hic illic ad axillam calloso-tumentia subarticulatim inserta, in vetustioribus exsiccatis exarticulanda, teste F. Mueller 80 utrinque, in iis ab Haage et Schmidt missis utrinque 120, aliquando latiora et bifida, 2 connatis orta. *Androphyllis* basi pedicelli brevissimi instar constrictis hinc ad formam pedicellato-peltatam quodammodo tendentibus a congeneribus differt. *Conus femineus pedunculo* 4-pollicari praeter basin attenuatam dense lanato suffultus, semipedalis. Caeterum conf. fusiorem descriptionem quam dedi in *Versl. en Meded.* XV. p. 374 *seqq.*

Huius speciei forma culturâ mutata est *Macrozamia tenuifolia Hort. Kewensis*, anno 1864 a Hill in Queensland lecta; *petiolus* cum *rachi* tortâ eodem modo compressus; lamina folii stirpis probabiliter iunioris 1½-pedalis utrinque *foliolis* circiter 30 instructa, quae racheos torsione quodammodo imbricata, e basi albido-pallidâ (compagisque fere callosae) inter insertionem et rachin passim in callum exilem tumente angustissime linearia spinuloso acuta; marginibus valde revolutis subtus conniventi-canaliculata adspectu filiformi-teretia, saturate viridia, 7—8 poll. longa; perraro unum alterumve bifidum est. — Exemplar cultum magis normale foliolis non adeo angustis misit cl. J. Yates.

Teste F. Mueller species rarior, primum detecta in vicinitate montium Glasshouse, praesertim indigena in Novâ Hollandiâ orientali versus austrum; in regione Sinus Moreton: W. Hill, ad Maitland et in Novâ Angliâ ad alt. 1000 ped.: Mueller, in clivis arenosis rupestribus Expedition-range, ad alt. 1200—1500 ped.: A. C. Gregory; in vicinitate fluminum Mackenzie et Maranoo: Cobham; in Novâ Austro-Cambriâ: Moore.

Sectio III. *Lepidozamia.* Rachis vix torta; foliola latâ basi ecallosâ decurrenti-inserta. Androphyllorum et carpophyllorum processus sterilis latus non elongatus coriaceus, nec spinescens. — Propter truncum iuniorem squamosum ab Regelio generis titulo ita dicta; nomen vix aptum si adultas arbores conspiciamus.

8. *Macrozamia Peroffskyana* Miq. Truncus elatus cylindricus; folia maxima petiolo longo subtetragono basi fulvo-tomentello suffulta, foliolis numerosis usque 120 utrinque patulis densis basi latâ deorsum decurrente haud callosâ ex utroque latere approxi-

mate insertis, lineari-lanceolatis subtus 12—15-nerviis et inter nervos stomatiferis; conorum organa processubus sericeo-velutinis terminata; conus masc. elongatus usque 3½-pedalis cylindricus vel oblongus; androphyllorum corpus locelliferum cuneiformi-compressum, corpus sterile subsecuriformi-rhombeum transverse incrassatum ex margine superiore apiculum coriaceum patentem vel sursum reflexum exserens; conus femineus ovoideus brevior; carpophylla pedicellato-peltata, peltâ cordato-reniformi compressâ in brevem cuspidem latam integram vel hic illic fissam coriaceam recurvam excurrente.

Syn. *Macrozamia gigas* et dein *M. eriolepis* Ad. Brongniart *mss. et in hortis* (nullibi descripta videtur).

Lepidozamia Peroffskyana Regel *in Bulletin Ac. Mosk.* 1857. *Separat. impr.* p. 20—23, *cum icone xylogr. pl. iunioris.* Miq. *Prodr. Syst. Cycad.* p. 10 et 22.

Lepidozamia minor Miq. *mss. et in hortis* (iuvenilis).

Macrozamia Denisonii Moore et F. Muell. *Fragm. Phyt. Austr.* I p. 41 et 243 (*a.* 1858—1859). V. p. 209.

Encephalartos Denisonii F. Muelleri *Transact, Pharm. Soc. Vict.* II, p. 90 (1859). Miq. *Versl. en Med. Acad. Wet.* XV, p. 37.

Macrozamia Macleayi hort. quorundam, etiam *Catakidozamia Macleayi*, nec non *M. Mackensii* (*omnia ex errore*).

Spectatissima inter congeneres, adulta *trunco* usque 18—20 pedes alto, *foliis* 7—12-pedalibus saturate viridibus lucidis; *foliola* 6—8 poll. longa, ½ circiter lata. *Conus fem.* sesquipedalis, masc. 3½ pedes longus. Caeterum cf. descriptiones laudatas. In *exemplaribus iunioribus* hortorum *petioli* magis semicylindrici, *rachis* fere cylindrica, sed antice in omnibus utrinque sulco foliolifero instructa, qui sibi arcte contigui non nisi costulâ perangustâ separati. — An ad hanc speciem referenda Macrozamiae exemplaria vigintipedalia ad Great Australian Bright visa? (*Versl. en Med. Kon. Akad. Wet.* XV. p. 370 *in adnot*).

In Novâ Hollandiâ orientali australiore haud rara videtur; in regione ad Moreton Bay primum detexit J. Verreaux et plantae e seminibus ab eo missis Parisiis educatae in hortos europaeos transiverunt, nominibus a cl. Brongniart datis supra indicatis. Carpophylla a Brongniartio cum cl. Yates communicata (qui mihi aliquot benevole cessit), de synonymiâ nullum dubium relinquunt.

In sylvis prope Durando ad Moreton Bay: W. Hill, in regione fl. Manning: Stephenson; ad Rockingham Bay: F. Mueller; in

distr. fl. Burnett: C. Moore; in tractu montium Expedition-range usque ad plagam altam Buckland Tableland, in iugis nemorosis basalticis ad 1000—2000 ped. alt.: A. C. Gregory. — in hort. Kewensem e Queensland introducta.

II. Bowenia Hook. *fil.*

Androphyllorum corpus locelliferum cuneatum brevissime stipitatum, *processus sterilis* truncatus et muticus. *Carpophylla* stipitato-peltata, peltâ deltoideo-rhombeâ muticâ, subtus biovulatâ. *Embryonis* cotyledones brevissimae basi connatae.

Genus valde singulare, maxime distinctum, foliis bipinnatis in ordine plane heteromorphum, androphyllorum et carpophyllorum vertice mutico in appendicem haud producto a *Macrozamiâ* diversum, hâc ratione *Encephalarto* et *Zamiis* veris magis quam *Macrozamiae* affine.

1. *Bowenia spectabilis* Hook. *fil Bot. Magaz. tab.* 5398. F. Muell. *Fragm. Phyt. Austr.* V. p. 171, ubi descriptiones fusiores.

Crescit in Novâ Hollandiâ boreali orientem versus, prope Endeavour-River: A. Cunningham; prope Rockingham Bay: W. Hill et Dallachy.

ENCORE UN MOT

SUR LE

CYCAS INERMIS LOUR.

PAR

C. A. J. A. OUDEMANS.

Après avoir lu, dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences d'Amsterdam [1]), les „Nouveaux matériaux pour servir à la connaissance des Cycadées" par M. Miquel, lequel n'accepte pas ma manière de voir au sujet du *Cycas inermis*, je me vois obligé d'ajouter encore un mot à ma communication précédente [2]) relativement à cette plante: d'abord, parce que je désire écarter le soupçon d'avoir attribué à M. Miquel une opinion différente de celle qu'il aurait énoncée lui-même en termes explicites, ensuite parce que mon silence pourrait être interprété comme un abandon de mon premier sentiment sur la valeur spécifique du *C. inermis*.

I. A la page 8 de ses „Nouveaux matériaux" (*Arch.*, p. 201) M. Miquel dit que, déjà en 1842, dans sa *Monographia Cycadearum*, il a montré que l'ovule des Cycadées n'est pourvu que d'une seule enveloppe, comme il résulte du mot *integumentum* dont il s'est servi pour la désigner, et que les expressions *stratum externum* et *stratum internum*, qui suivent le mot *integumentum*, indiquent simplement deux couches dont se compose cette enveloppe unique.

Je n'ai absolument rien à objecter à ce raisonnement; mais cela n'empêche pas que dans un autre ouvrage, ouvrage postérieur (*Analecta botanica*, II, p. 31 [année 1851]), M. Miquel ne s'exprime dans un tout autre sens au sujet de la structure de ces mêmes

---

1) *Versl. en Meded. d. Koninkl. Akad.*, t. III, p. 1 — *V.* aussi *Arch. Néerl.*, t. III, p. 193.

2) *Versl. en Meded.*, t. III, p. 255, et *Arch. Néerl.* t. II, p. 395.

ovules, de sorte que tous ceux qui consultent et le travail ancien et le travail plus récent du savant auteur, ne peuvent manquer d'arriver à la conclusion qu'il a réellement changé d'avis depuis 1842. En effet, si dans le texte de 1842 il n'est parlé que d'un seul *integumentum*, dans celui de 1851 il est question d'un *integumentum externum* et d'un *integumentum internum;* et en outre, comme si l'auteur avait bien dûment en vue deux enveloppes ovulaires distinctes, il est fait usage du mot *exostomium* pour l'ouverture de la membrane externe, et du mot *endostomium* pour celle de la membrane interne. Or, si nous ouvrons le Manuel de Terminologie botanique de Bischoff (ouvrage qui peut bien être regardé comme faisant loi en matière terminologique), nous lisons à l'article *Endostome:* „der innere Eimund, die Oeffnung der inneren Eihaut, bei einen mit *doppelter* Haut versehen Pflanzenei;" et à l'article *Exostome:* der aeussere Eimund, die Oeffnung der aeusseren Eihaut, bei einem mit *doppelter* Haut versehen Pflanzenei." Si j'ai mal compris mon honorable collègue, ce n'est pas ma faute mais celle de l'auteur lui-même, qui ne s'est pas exprimé en termes aussi clairs qu'on aurait pu le désirer.

Mais, précisément parce que les mots *exostome* et *endostome*, pour éviter toute ambiguïté, ne doivent être et ne sont employés que dans le sens que leur assigne Bischoff, je dois protester encore une fois contre l'expression *exostome tubuleux*, appliquée par M. Miquel au petit tube qui se trouve à l'extrémité libre de l'ovule des Cycas. Car, d'abord, le mot *exostome* indique simplement une ouverture, et nullement quelque chose de corporel, et ensuite, l'emploi de ce mot donnerait en quelque sorte une consécration à la notion erronée de l'existence de deux téguments ovulaires chez les Cycadées. J'avais proposé d'appeler le tube qui termine l'ovule *tube micropylifère*, et je persiste à croire que ce terme est plus exact que celui *d'exostome tubuleux*. D'après M. Miquel, la circonstance que le tube en question n'est pas une „partie distincte" s'opposerait à l'adoption du nom que je lui ai donné. Mais alors je pourrais demander de quel droit on distingue, dans une feuille, le *limbe*, le *pétiole* et la *gaîne*, dans

un pétale, la *lame* et *l'onglet*, dans une étamine, le *filet* et *l'anthère*, etc.

II. La question de savoir si l'épiderme de l'ovule, après avoir pénétré dans le tube micropylifère et être arrivé au pied du cône du nucelle, se réfléchit vers le haut pour recouvrir le cône, cette question peut fournir matière à controverse. J'ai cru devoir la résoudre dans le sens affirmatif, parce que les cellules de la membrane qui recouvre le cône s'accordent très certainement, en consistance et en couleur, avec celles qui tapissent la paroi interne du tnbe micropylifère.

III. L'examen auquel je me suis livré concernant le droit du *Cycas inermis* à occuper le rang spécifique dans la famille des Cycadées, donne lieu de la part de M. Miquel à l'observation (*Arch.*, p. 223, note) „qu'en général, depuis que la science a renoncé à la notion absolue de l'espèce, telle qu'elle avait été donnée par Linné, les discussions portant sur des espèces très voisines doivent être regardées, dans beaucoup de cas, comme stériles.'' Je ne crois pas que personne soit disposé à s'inscrire en faux contre cette proposition, mais, d'un autre côté, il me semble qu'on peut placer en regard d'elle la convenance qu'il y a, lors du partage d'un groupe végétal en espèces et variétés, à procéder partout d'après les mêmes principes. Or, avec toute la déférence due à mon savant collègue, je ne puis convenir qu'il ait procédé de cette manière à l'égard des Cycadées. Les différences qui existent entre beaucoup de formes, toutes décrites par lui comme espèces, ne sont réellement pas plus grandes que celles qui séparent le *Cycas revoluta* du *Cycas inermis*, et c'est précisément à cause de cela que j'ai de la peine à m'expliquer pourquoi M. Miquel ne consent pas à accorder à la seconde de ces formes un rang supérieur à celui de variété. Si l'on voulait avancer que les différences énumérées par moi entre les deux espèces dont il s'agit ne sont pas assez constantes pour qu'on leur attribue tant de valeur, je serais obligé de protester de nouveau avec tous les égards possibles. Il se peut que le Dr. Masters ou d'autres observateurs aient rencontré parfois, sur un carpophylle de *C.*

revoluta, un ou deux ovules dont la forme se rapprochait, un peu plus qu'on ne s'y serait attendu, de celle des ovules du *C. inermis*, ou réciproquement; mais cela ne suffit pas pour renverser l'opinion que j'ai émise, et suivant laquelle la forme nommée en dernier lieu peut être distinguée comme espèce vis-à-vis du *C. revoluta* à tout aussi bon droit que les *C. Rumphii*, *sphaerica* et autres vis-à-vis du *C. circinalis*. Je l'ai déjà dit et je le répète: nombre de caractères, empruntés aux organes végétatifs aussi bien qu'aux organes générateurs, établissent entre le *Cycas revoluta* et le *C. inermis* une assez large séparation; et lorsque M. Miquel dit (*Arch.* p. 225): „Des modifications en apparence insignifiantes du type fondamental des carpophylles prennent ici (chez les Cycadées) une importance majeure, surtout quand elles s'accompagnent de traits spéciaux dans l'habitus, le caractère des feuilles et la distribution géographique'', j'ose déclarer avec confiance que chez le *Cycas revoluta* et le *C. inermis*, non-seulement la forme des carpophylles, la direction de leurs laciniures, etc., mais aussi la forme, la couleur et le mode de développement des ovules; les caractères de la coque ligneuse [1]); l'habitus; le rapport entre la largeur et la longueur des feuilles; l'asymétrie du pied des laciniures foliaires; la forme de la base des pétioles communs; la hauteur à laquelle les folioles commencent à se montrer sur le bas du pétiole [2]), etc. offrent des divergences trop prononcées, pour que leur somme ne suffise pas à

[1]) *Voy.* pour toutes ces différences ma première communication (*Arch. Néerl.*, II, p. 385).

[2]) Dans le *Cycas revoluta* la plus grande largeur des feuilles est à leur longueur comme 1 : 4, et dans le *C. inermis* comme 1 : 7, de sorte que les feuilles de la première espèce pourraient être appelées *oblongues-lancéolées*, celles de la seconde, *lancéolées*. — L'asymétrie du pied des laciniures est beaucoup plus distincte chez le *C. inermis* que chez le *C. revoluta*, en ce sens, que la petite bande de parenchyme foliaire qui unit entre elles les différentes laciniures est beaucoup plus large dans la dernière espèce. La base du pétiole commun est chez le *C. inermis* beaucoup plus arrondie, chez le *C. revoluta* beaucoup plus anguleuse. Chez le *C. inermis* les laciniures foliaires bien conformées (qui sont en général plus larges que dans le *C. revoluta*) commencent à 16, 18, 20 centimètres de l'insertion du pétiole sur la tige; chez le *C. revoluta*, à 6, 8, 10 centimètres.

motiver une séparation qu'ailleurs, avec beaucoup moins de données, on opère sans hésitation aucune.

Maintenant, la plante du jardin botanique d'Amsterdam est-elle véritablement le *Cycas inermis* de Loureiro? Je n'oserais le décider; si je l'ai admis, c'est par suite des communications antérieures de M. Miquel lui-même sur cette plante. Mais, ce point laissé de côté, j'affirme de nouveau que la plante décrite sous ce nom, d'abord par M. Miquel et ensuite par moi, ne saurait, en aucune manière, être identifiée avec le *C. revoluta.* Il n'y a pas de doute que cette opinion ne soit partagée par tous ceux qui auront, comme moi, l'occasion de comparer des centaines d'ovules mûrs du *C. revoluta* avec un nombre égal d'ovules du *C. inermis*, surtout s'ils veulent prendre en considération simultanée tous les autres caractères dont il a été fait mention ci-dessus.

Un seul mot encore sur la conjecture de M. Miquel, que les ovules du *C. inermis* décrits par moi ne se seraient éloignés de la forme ordinaire de ceux du *C. revoluta* que par le fait seul qu'ils n'avaient pas été fécondés. Je pourrais souscrire à cette idée, si les objets comparés entre eux avaient été dissimilaires; mais, tel n'a pas été le cas. Les ovules des deux espèces que j'ai décrites n'étaient pas plus fécondés les uns que les autres, et se trouvaient par conséquent, sous ce rapport, exactement dans les mêmes conditions.

Quand je pense que M. Miquel est reconnu et honoré par le public botanique, et certes à bon droit, comme une des plus hautes autorités en matière de Cycadées, je ne me dissimule pas que ma voix court le risque de se perdre dans le désert: *Vox clamantis in deserto.* Mais j'aurai du moins la satisfaction d'avoir soutenu ce que je regarde comme la vérité. En tout cas, j'attache quelque prix à ce que ce peu de lignes voient le jour, parce que, dans la séance de l'Académie où M. Miquel a donné lecture de ses „Nouveaux matériaux pour servir à la connaissance des Cycadées," il ne m'a pas été donné, faute de temps, d'entrer en discussion avec mon éminent confrère.

Amsterdam, 16 Juin 1868.

SUR L'ÉQUIVALENT CALORIFIQUE DE L'OZONE

PAR LE

Dr. P. J. HOLLMAN.

En 1864 la Société des arts et sciences établie à Utrecht proposa la question suivante: „déterminer par des recherches exactes la différence entre la quantité de chaleur dégagée dans les combinaisons de l'ozone, et celle qui est produite pas l'effet de l'oxygène ordinaire.'' Le mémoire du Dr. H. fut couronné en 1866 et publié dans le mois de février 1868. Nous nous proposons de donner un résumé succinct de ce travail.

Le mémoire est divisé en deux parties; dans la première l'auteur décrit l'appareil de MM. Favre et Silbermann, modifié de manière à permettre de brûler des gaz, soit sous l'influence de l'oxygène ordinaire, soit à l'aide de l'ozone. Quantité d'obstacles furent à vaincre; non-seulement l'oxygène ozoné ne contient qu'une partie minime d'ozone, mais cette substance a une affinité toute particulière pour chaque matière qu'elle rencontre, de sorte qu'il devient assez difficile de l'unir précisément à celle qu'on a en vue, sans que l'ozone montre sa prédilection pour la matière dont l'appareil est construit. Par là, bon nombre de matières furent exclues dans la confection du calorimètre, et l'auteur a dû forcément recourir à l'or et au verre. Là où il n'était pas possible d'éviter l'usage d'autres corps, il a tâché d'atténuer les effets nuisibles.

Nous ne nous occuperons pas à décrire tout au long son calorimètre, qui est celui des expérimentateurs cités; il nous suffit de fixer l'attention sur la manière dont il a opéré pour faire affluer les gaz dans la chambre à combustion. Le tube qui apporte le gaz combustible a deux robinets placés l'un près de l'autre; lorsque le gaz brûle dans le calorimètre, ils doivent être ouverts tous les deux; pour régler la dépense de gaz, on ferme plus au moins l'un des deux, tandis que l'autre reste ouvert; veut-on éteindre la flamme, on ferme le second et on laisse le premier dans la disposition qu'il avait lorsque la flamme était allumée. En rouvrant le second, on peut rallumer la flamme, faire une deuxième expérience et être sûr que la dépense de gaz sera exactement la même qu'elle était lors de la première expérience, si la pression n'a ni diminué ni augmenté. Le même artifice a été observé pour le gaz comburant; mais le tube qui apporte ce gaz est bifurqué; l'une des branches communique avec l'oxygène, l'autre avec l'ozone.

Pour allumer le gaz dans un espace clos de tous côtés, l'auteur a eu recours à l'électricité, et il a adopté la disposition du flacon de Mariotte pour être sûr que les gaz entrent à pression constante et voulue dans la chambre à combustion.

Il s'est écarté de la méthode de MM. Favre et Silbermann, qui pèsent les produits de la combustion. L'auteur convient que cette méthode d'opérer peut être utile; mais elle n'est pas applicable quand il s'agit de brûler un gaz et que le produit de la combustion est un corps liquide. Dans ce cas, la mesure du volume doit être nécessairement plus exacte. Il se demande, par exemple, s'il n'est pas plus facile de mesurer un centimètre cube de gaz hydrogène que de déterminer par la pesée huit dix-millièmes d'un gramme.

Le volume des gaz doit être réduit à 0° et 760 mm. de pression barométrique; il y a en outre à apporter quelques corrections; l'auteur ne néglige que la fraction de degré dont s'échauffe le calorimètre par l'incandescence momentanée d'un fil de platine, fraction qui n'est que de quelques millièmes d'un degré, par conséquent plus petite que les fautes d'observation.

Avant d'expérimenter avec l'ozone l'auteur a voulu se convaincre que son appareil marchait exactement. A cet effet, il a fait deux séries d'expériences avec l'oxygène ordinaire et l'hydrogène. Il commence par décrire comment il a obtenu ces éléments et les précau tions minutieuses qu'il a prises pour opérer avec des matières pures. Il donne ensuite les nombres de deux séries d'expériences et la marche des calculs. De 22 observations il tire la conclusion que le nombre de calories que produit 1 gramme d'hydrogène dans son calorimètre s'approche admirablement de celui trouvé par les physiciens Favre et Silbermann. Ce nombre 34461 lui inspire une confiance illimitée dans la méthode qu'il a suivie.

Nous ne nous arrêterons pas à ce que l'auteur nous apprend sur la préparation de l'oxygène ozoné et sur la manière de titrer cette substance; il nous suffit de dire qu'il a suivi dans cette partie le livre classique de Meissner „Sur l'oxygène", et sa méthode, ou la méthode de Babo, pour se procurer cette matière éminemment oxydante. Il s'est basé pour titrer l'ozone sur la propriété qu'il a de libérer l'iode de sa combinaison avec le potassium. L'auteur a consacré un paragraphe à la densité de l'ozone, et il propose de modifier l'appareil de Bunsen pour mesurer cette inconnue; quiconque a fait usage de cet appareil, reconnaîtra qu'il est extrêmement difficile d'assigner le moment précis où la veine liquide ascendante touche les divisions successives du tube. Pour remédier à cet inconvénient l'auteur a pensé à remplacer l'eau qui chasse le gaz, par le mercure, métal liquide à surface réfléchissante. Il veut installer deux lunettes à une certaine distance de l'appareil, en ayant soin que leurs axes soient parallèles et dans le même plan vertical. Un binocle pourrait à la rigueur servir à cet usage.

Supposé que l'appareil de Bunsen soit placé dans le prolongement de l'axe des lunettes, si on ouvre le robinet qui permet au gaz de sortir par l'orifice de la lame de platine, et qu'on applique l'œil à l'oculaire de la lunette inférieure, on voit bientôt apparaître dans le champ de la lunette la surface du mercure, qui réfléchit l'un ou l'autre objet placé à distance. On note cet instant à l'aide d'un chronographe électrique, semblable à celui qu'emploient

les astronomes. Ceci fait, on observe à travers la lunette supérieure, attendant le moment précis où la surface réfléchissante apparaît dans le champ de la vision et donne l'image d'un autre objet; on note encore ce temps de la manière indiquée. L'intervalle entre les deux instants est le temps employé par la surface du mercure pour parcourir l'espace qui sépare les deux divisions du tube. Quoique cette méthode puisse donner lieu à quelques erreurs, il est néanmoins facile de mesurer la centième partie d'une seconde.

Après cette étude minutieuse des diverses circonstances, l'auteur procède enfin aux combustions à l'aide de l'oxygène ozoné; en premier lieu nous rencontrons 26 observations faites avec l'hydrogène. La moyenne des unités de chaleur que dégage dans ce cas, c'est-à-dire en brûlant sous l'influence de l'oxygène ozoné, un gramme d'hydrogène est de 34505, par conséquent excède de 43 unités de chaleur, $34505 - 34462 = 43$, la moyenne obtenue auparavant, quand l'hydrogène ne rencontrait pour se combiner que l'oxygène ordinaire. Ayant titré l'oxygène ozoné des diverses expériences, il a trouvé qu'en moyenne la 64,6e partie de cet oxygène a été véritablement de l'ozone. La différence de 43 unités serait 64,6 fois 43, si l'oxygène ozoné n'était pas un mélange qui ne contient que sa 64,6e partie d'ozone. L'ozone, qui se combine avec l'hydrogène dans l'acte de la combustion, donne par conséquent $64{,}6 \times 43 = 2781{,}8$ calories, et comme un gramme d'hydrogène se combine avec huit grammes d'oxygène pour former de l'eau, le nombre 2781,8 doit être divisé par 8, pour obtenir le nombre de calories que dégage un gramme d'ozone, en repassant à l'état d'oygène ordinaire. Cette division donne 347,7 pour le nombre cherché.

La combustion de l'hydrogène peut se faire en vase clos; si les produits de la combustion sont aériformes, la chambre dans laquelle cette opération a lieu, doit offrir une sortie à ces gaz. Pour remédier à cet inconvénient l'auteur a adapté un serpentin à son calorimètre. Ce tube donne par une ouverture dans la chambre à combustion, tandis que l'autre extrémité sort du calorimètre, pour évacuer les produits gazéiformes.

Nous ne suivrons pas l'auteur dans ses développements ultérieurs; nous nous contentons d'énoncer qu'il a brûlé 17 fois l'oxyde de carbone mélangé d'une certaine quantité d'hydrogène; ces combustions se faisaient à l'aide de l'oxygène ordinaire pour constater exactement le nombre de calories que dégage un gramme de CO. Ensuite il a répété 10 fois ces combustions sous l'influence de l'oxygène ozoné. Ces dernières observations lui donnent 444 calories pour la transformation d'un gramme d'ozone en oxygène ordinaire. Ce nombre 444 diffère notablement de celui de 347,7 trouvé par la combustion de l'hydrogène. L'auteur nous montre ensuite que les expériences faites avec l'oxyde de carbone ne sont pas des plus propres à vider la question; c'est pour cela qu'il s'adresse au gaz des marais, dont les résultats obtenus méritent une confiance beaucoup plus grande que ceux qu'a donnés le CO.

Neuf expériences préliminaires ont donné en moyenne 13081,2 unités de chaleur, dégagées par la combustion de 1 gramme de gaz des marais. Ce nombre diffère de 18,2 unités de celui qu'ont obtenu MM. Favre et Silbermann, mais cette différence n'aura pas une influence notable sur les expériences avec l'oxygène ozoné, vu que l'auteur s'est servi de la même méthode pour préparer le gaz des marais pour les expériences ultérieures. Ces dernières, au nombre de 21, faites avec un oxygène ozoné qui contenait en moyenne la 63,8e partie d'ozone, lui donnent 335 pour le nombre de calories dégagées par un gramme d'ozone, lors de son passage à l'état d'oxygène ordinaire.

L'auteur procède encore de la même manière quand, au lieu de gaz des marais, il se sert du gaz oléfiant. La moyenne de dix expériences lui donne pour la chaleur de combustion de ce gaz le nombre 11861,3; 12 autres expériences, faites à l'aide de l'oxygène ozoné, le conduisent au nombre 358 pour l'ozone.

Jusqu'ici il a fait usage d'un calorimètre analogue à celui de MM. Favre et Silbermann, et les nombres trouvés s'accordent assez bien entre eux. Avec les liquides et les solides, les difficultés augmentent à tel point que ces corps exigent d'autres appareils. L'auteur a été assez heureux pour trouver une combinaison

qui lui permet de vérifier les nombres obtenus pour les liquides. Cette partie du mémoire a fixé plus particulièrement l'attention du jury, qui l'a nommée très remarquable, parce que la méthode dont se sert l'auteur est basée sur un principe qui trouve ici pour la première fois son application. Et, quelque ingénieuse que soit l'idée, — nous copions toujours le rapport du jury — le parti qu'il en a tiré est au niveau de celle-ci.

Cette méthode — nous proposons le nom de méthode Hollman — repose sur le fait que, quand on échauffe un corps, il y a un moment où ce corps reçoit autant de chaleur qu'il en perd par le rayonnement, c'est-à-dire, que dans un temps donné la température devient stationnaire. Quand l'hydrogène, par exemple, brûle avec la flamme bleuâtre bien connue, et chauffe une masse de mercure, on observe, au bout de quelques instants, que le thermomètre enfoncé dans le liquide ne monte plus; c'est que le mercure et le vase qui le contient perdent autant de chaleur qu'ils en gagnent par la combustion de l'hydrogène.

On a jusqu'ici alimenté la flamme avec l'oxygène ordinaire; si, au lieu de ce dernier, on fait affluer de l'ozone en même quantité que l'oxygène ordinaire, et qu'après on voie monter encore le mercure du thermomètre, cet excédant de chaleur doit être attribué à l'effet de l'ozone. C'est là ce qu'on observe en réalité; mais la quantité de chaleur est si minime qu'on a besoin d'un thermomètre extrêmement sensible. L'auteur a évité la difficulté de la manière suivante.

Qu'on se figure une boule de fer reposant sur trois pieds qui se terminent en vis calantes. Cette boule est creuse et remplie de mercure; à la partie supérieure de la boule est soudé un tube exactement cylindrique, qui communique avec l'intérieur de la boule et dont l'axe est vertical; dans ce tube s'adapte un piston qu'on peut faire monter ou descendre à l'aide d'une crémaillère. Le piston est de fer, ainsi que le tube dans lequel il peut se mouvoir; sur le piston se trouve un peu de mercure qui empêche l'air atmosphérique d'entrer dans la boule. A côté de ce tube est fixé un thermomètre qui plonge dans le mercure de la boule. La

tige de ce thermomètre est divisée avec beaucoup de précision; à l'aide du cathétomètre on lit les centièmes de degré. De l'autre côté se trouve un tube de verre mastiqué dans la boule; il est muni de deux traits ou divisions tracées au diamant. Le mercure de la boule peut entrer librement dans ce tube de verre; quand on abaisse le piston dans le tube de fer, jusqu'à ce que le mercure apparaisse à la première division dans le tube de verre, et qu'on chauffe le mercure de la boule jusqu'à ce que le thermomètre soit monté exactement d'un degré, le mercure est monté dans le tube de verre jusqu'à la seconde division. La longueur entre ces traits est telle, qu'on peut aisément la diviser en mille parties égales; de cette manière la lecture du cathétomètre donne exactement la millième partie d'un degré, et l'on peut déterminer approximativement la moitié d'une telle partie. On a soin que le tube de verre soit toujours dans une position verticale, ce qu'on obtient aisément à l'aide des vis calantes dont sont munis les pieds de la boule.

L'échauffement de cette boule se fait à l'aide d'un gaz ou d'un liquide, mais il faut que la combustion de ces corps s'effectue sous l'influence de l'oxygène ou de l'ozone, à l'exclusion de l'air atmosphérique. Pour y parvenir, l'axe horizontal de la boule — un diamètre horizontal de la sphère — est occupé par un cylindre creux, qui va jusqu'au centre de la boule; là le cylindre fait un angle droit avec sa première partie, de sorte que l'axe devient vertical et est dirigé en bas; les deux extrémités du cylindre se prolongent au dehors de la boule. La flamme peut monter dans cette sorte de cheminée; pour que l'air atmosphérique ne puisse parvenir jusqu'à la flamme, il suffit que la section inférieure du cylindre soit fermée. Pour atteindre ce but, la partie inférieure du tube, portant un prolongement ou bord saillant, plonge dans un petit gobelet de mercure qui entoure la flamme. Qu'on se figure un verre à bière à fond perforé, que le brûleur passe par ce trou et que le verre soit en partie rempli de mercure, on a une idée exacte de la disposition. Le tuyau qui emporte les produits de la combustion a une longueur telle, que

la chaleur qui s'échappe avec les produits gazéiformes n'influe pas d'une manière bien sensible sur le thermomètre métastatique.

L'échauffement de la boule se fait à l'aide d'un gaz ou d'un liquide; si l'on se sert d'un gaz dans les expériences, on le fait arriver dans le brûleur par un mécanisme analogue au chalumeau de Hare; le gaz qui doit être brûlé et celui qui entretient la combustion sont rassemblés dans deux gazomètres, et s'écoulent par des tubes distincts dans un seul et même tube, d'où, après s'être mélangés, ils s'échappent par un très petit orifice. Des flacons de Mariotte assurent la constance de la pression.

Plusieurs robinets se trouvent sur le trajet des gaz; sur le trajet du gaz qui doit être brûlé il y en a deux; l'un sert à régler la dépense du gaz et, cette dépense réglée une fois pour toutes, reste ouvert; l'autre sert à intercepter au moment voulu tout courant ultérieur.

Le tube conducteur du gaz qui entretient la combustion est bifurqué, et les branches aboutissent à deux flacons ou gazomètres distincts; l'une donne le gaz oxygène ordinaire, l'autre l'ozone.

Ces branches ont chacune un robinet pour intercepter le courant; le tube lui-même a encore un robinet à l'endroit où commence la bifurcation; ce robinet sert à régler la dépense de l'oxygène ou celle de l'ozone; cette dépense une fois réglée, comme celle du gaz combustible, on ne touche plus à ce robinet. Ce mécanisme a cela de particulier, qu'on n'a qu'à ouvrir un robinet et à en fermer un autre, pour que la flamme soit entretenue à volonté, soit par l'oxygène ordinaire, soit par l'oxygène ozoné.

L'appareil était placé dans une cave où la température restait constante à 12 degrés; à l'aide d'écrans convenablement placés, on pouvait régler et diminuer le rayonnement. Plusieurs thermomètres indiquaient la moindre variation de température dans l'enceinte ainsi formée. Si, par malheur, la température de la cave venait à monter de quelques fractions de degré, on remédiait à cet inconvénient par un arrosage d'eau fraîche.

L'étude de l'instrument terminée, il y avait deux séries d'expériences à faire: les expériences préliminaires, et celles qui ap-

prennent la quantité de chaleur que dégage l'ozone en passant à l'état d'oxygène ordinaire.

Les expériences préliminaires font connaître le volume de gaz brûlé pendant une heure pour que le thermomètre restât stationnaire à 40, 50, 60, etc. degrés. Ces volumes sont réduits à 0° et 760 mm. de pression barométrique. L'auteur donne les résultats de ses expériences avec le gaz hydrogène, le gaz des marais, le gaz oléfiant et le mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène. Voyons comment ces nombres le mettent sur la voie pour trouver l'équivalent calorifique de l'ozone; un exemple tiré de ses observations nous fera comprendre la marche suivie. Quelques instants après avoir allumé l'hydrogène, l'auteur trouve que le thermomètre reste stationnaire à 44°, 39; d'après ses observations la consommation d'hydrogène par heure était de 1468,7 centimètres cubes. Le thermomètre restant stationnaire, l'auteur fait mouvoir le piston, jusqu'à ce que le mercure apparaisse exactement à la division inférieure du tube de verre. Ensuite il attend, puis répète l'observation, pour être sûr que le mercure du thermomètre a conservé sa position; car l'expérience avait appris que le moindre contact de la boule faisait baisser le thermomètre. Si la lecture du cathétomètre est d'accord avec celle faite antérieurement, et si le ménisque du mercure touche toujours la division inférieure du tube de verre, l'auteur ouvre le robinet qui donne accès à l'oxygène ozoné, et il ferme en même temps celui qui jusqu'ici a fourni l'oxygène ordinaire. Au bout de quelques instants d'attente il voit monter la colonne mercurielle dans le tube de verre; quand l'équilibre s'est rétabli, ce qui ne tarde pas à avoir lieu, il mesure la colonne de mercure dans le tube de verre.

Dans l'exemple cité la mesure directe donne 35 millièmes de degré; et comme il est connu par les expériences préliminaires qu'il faut brûler 54,4 centimètres cubes d'hydrogène pendant une heure pour faire monter le thermomètre d'un degré, l'équation:

$$1° : 0°,035 = 54,4 : x,$$

$$\text{d'où } x = 1,9045,$$

donne 1,9045 centimètres cubes pour exprimer le nombre qui correspond à 0°,035.

Quand on se rappelle ensuite que 1 gramme d'hydrogène dégage, lors de sa combinaison avec l'oxygène ordinaire, 34462 unités de chaleur, on trouve que 1000 centim. cub. de ce gaz donnent dans les mêmes circonstances 3087,795 calories. Si, au lieu d'oxygène ordinaire, la combinaison a lieu avec l'oxygène ozoné, ce nombre de calories, qu'on peut désigner par y, est plus grand, ainsi que le prouve l'expérience. On trouve cette inconnue à l'aide de l'équation très simple:

$$1468,7 \times y = (1468,7 + 1,9045)3087,795,$$

$$\text{d'où } y = 3091,79;$$

c'est-à-dire que 1 litre d'hydrogène, en se combinant avec l'oxygène ozoné, dégage 3091,79 calories, et que par conséquent 1 gramme d'hydrogène, brûlant dans les mêmes conditions, donne 34506,6 unités de chaleur.

La différence entre les nombres 34506,6 et 34462 est de 44,6 ; mais comme 1 gramme d'hydrogène s'unit à 8 grammes d'oxygène pour former de l'eau, on divise le nombre obtenu par 8.

Ayant titré l'oxygène ozoné qui a servi à faire ces expériences, l'auteur a trouvé qu'il ne contenait qu'un 62ième d'ozone; il faut par conséquent multiplier le nombre obtenu, 44,6 : 8, par 62, ce qui donne 346, pour exprimer l'équivalent calorifique de l'ozone.

L'auteur cite ensuite une quarantaine d'observations faites à l'aide des gaz cités, après quoi il applique sa méthode aux liquides. Nous décrirons les quelques modifications, d'ailleurs assez simples, que l'appareil doit subir dans ce cas.

Si, au lieu d'un gaz, on brûle un liquide, la flamme de celui-ci pourra encore chauffer la boule de fer et son contenu de mercure. Si, en outre, à un instant donné, quand la température reste stationnaire, on intercepte l'oxygène qui entretient la combustion, pour le remplacer par l'ozone, et que, par ce changement, on voie monter le thermomètre, cette augmentation de chaleur proviendra de l'ozone seul.

Pour obtenir des résultats précis, l'auteur s'est servi de la boule de fer avec ses deux thermomètres, dont l'un pouvait indiquer

des millièmes de degré. Au-dessous de la boule brûlait le liquide dont on voulait étudier le pouvoir calorifique, tandis que la balance donnait à chaque instant la quantité de liquide brûlé.

Pour fixer les idées, figurons-nous une balance de Roberval; comme les bassins de cette balance ne sont pas suspendus, cela donne l'avantage de pouvoir mettre dans le bassin des vases des formes les plus diverses. Sur l'un des bassins de la balance repose un flacon, dont le bouchon de liége est percé de deux ouvertures; un tube de verre pénètre par l'une de ces ouvertures, sans toutefois s'enfoncer dans le liquide contenu dans le flacon. Un autre tube de verre descend jusqu'au fond du vase; à sa sortie du flacon il est recourbé en bas, de sorte qu'il devient parallèle à l'axe de celui-ci; arrivé à la partie inférieure il se recourbe encore et devient horizontal. Cette partie horizontale peut être placée dans un bain d'eau. Le tube enfin se recourbe une dernière fois pour monter verticalement. Quand on souffle un peu d'air dans le premier tube, l'air contenu dans le flacon est comprimé, et le liquide du flacon monte dans l'autre tube, pour sortir à la partie opposée, si la pression est assez énergique. Quand la pression cesse, le niveau du liquide dans le tube recourbé est rigoureusement égal à celui du flacon; on peut faire en sorte que ce niveau atteigne exactement l'extrémité libre du tube sans déverser.

En adaptant une mèche à ce tube, on pourra allumer la flamme, et cette flamme continuera de brûler assez longtemps, si l'on a eu soin de prendre un flacon dont la coupe transversale dépasse de beaucoup celle du tube.

Si la flamme reste allumée quelque temps, le liquide dans le tube s'échauffe, et cet échauffement peut donner lieu à des explosions, si le liquide est un peu volatil. Pour remédier à cet inconvénient, le tube recourbé, contenant une partie du liquide, passe à travers un vase rectangulaire, rempli d'eau bien froide et posé dans le bassin de la balance, à côté du flacon.

Comme la flamme doit brûler sous l'influence de l'oxygène ou de l'ozone, il faut munir l'extrémité du tube de verre d'une sorte de godet de métal contenant un peu de mercure, et dont le fond est

percé au milieu d'une ouverture qui s'adapte parfaitement autour du tube de verre. Le bord saillant de la boule contenant le mercure à échauffer et les thermomètres, ou, plutôt, le bord saillant de la cheminée plonge, durant l'expérience, dans le mercure du godet, de sorte que l'atmosphère est forcément exclue de la flamme. Pour donner accès à l'oxygène, le manchon ou godet est muni d'une tubulure, par laquelle passe un tube qui amène le gaz. L'extrémité de ce tube est percée d'un certain nombre de trous fort petits qui donnent passage à l'oxygène ordinaire ou à l'oxygène ozoné.

Mais le tube ne peut être immobile, car le bassin de la balance doit se mouvoir librement. Il faut par conséquent qu'il y ait sur le trajet de ce tube une solution de continuité, sans que pour cela le gaz puisse s'échapper. On ne peut se servir de caoutchouc ni d'autres substances élastiques, vu qu'elles sont attaquées par l'ozone. Afin de surmonter cet obstacle, l'auteur a recourbé ce tube, de façon que l'extrémité qui se termine en forme d'entonnoir plonge dans l'eau qui sert à refroidir le liquide à brûler. Le gaz oxygène ou l'ozone est conduit dans cet entonnoir par un tube recourbé en U, de sorte que le bassin de la balance, entraînant avec lui l'entonnoir, peut monter et descendre librement. Le tube qui donne accès à l'oxygène se bifurque à partir de l'auge ou de la cuvette; sur le trajet de ce tube se trouvent trois robinets; le premier, avant la bifurcation, sert à régler la dépense du gaz; le deuxième et le troisième donnent à volonté, soit de l'oxygène ordinaire, soit de l'oxygène ozoné. On fait affluer tantôt plus, tantôt moins de gaz, selon que la flamme est plus ou moins grande.

Dans l'autre bassin de la balance se trouve un contre-poids. Voici maintenant la manière d'expérimenter; les bassins de la balance se trouvant en équilibre, et la boule de fer, avec son contenu de mercure et les thermomètres, étant placée à une distance convenable au-dessus de la mèche, on allume celle-ci, en faisant affluer en même temps l'oxygène, ce qui se fait en ouvrant un des robinets.

La flamme une fois allumée et la dépense de gaz réglée, on enfonce le rebord de la cheminée dans le mercure du godet, afin

d'empêcher l'air atmosphérique de se mêler avec l'oxygène. La flamme consume peu à peu le liquide, et le bassin de la balance qui le contient tend à s'abaisser; on empêche en partie cet abaissement par un petit arrêt qu'on peut se représenter assez facilement. On observe alors le thermomètre, qui commence par monter, pour rester bientôt stationnaire. Quand le thermomètre ne monte plus, on rétablit l'équilibre rompu de la balance et on note cet instant. Au bout de quelque temps, d'une demi-heure par exemple, on rétablit encore l'équilibre, et le poids ajouté à l'un des bassins ou pris dans l'autre indique la quantité de liquide brûlé dans ce temps.

Pour connaître ce poids aussi exactement que possible, il y a quelques précautions à prendre; nous les passons sous silence. L'opération préliminaire — cette observation repose sur les mêmes données que celle qui a été décrite à l'occasion des gaz — une fois terminée, il reste à étudier l'influence de l'oxygène ozoné. Au moment où la température est stationnaire, et après qu'on a relevé ou abaissé le piston, pour que le mercure se montre à la première division du thermomètre métastatique, on ouvre le robinet qui donne accès à l'oxygène ozoné, tout en fermant celui qui, jusqu'ici, amenait l'oxygène ordinaire. Bientôt après on voit apparaître le mercure dans le tube capillaire du thermomètre mentionné; quand il cesse de monter, on observe le niveau qu'il a atteint, et on a les données nécessaires pour calculer l'influence de l'ozone.

Les liquides soumis aux combustions ont été les suivants: alcool ordinaire, alcool amylique, éther sulfurique, acide acétique, essence de térébenthine. L'auteur récapitulant ensuite ses observations trouve pour la moyenne exacte de 160 expériences le nombre 355,5, indiquant les calories qui se dégagent d'un gramme d'ozone par sa transformation en oxygène ordinaire. Il démontre enfin comment on peut se servir de sa méthode pour trouver le nombre de calories que dégage 1 gramme d'une substance quelconque, d'un gaz ou d'un liquide par exemple, par sa combinaison avec l'oxygène; en d'autres termes sa méthode peut donner directement la chaleur de combustion d'une foule de substances.

DESCRIPTION DE DEUX ESPÈCES INÉDITES DE CHOEROPS,

PAR

P. BLEEKER.

(Avec figure sur planche XII.)

Choerops zosterophorus Blkr.

Choer. corpore oblongo compresso, altitudine $3\frac{4}{5}$ circiter in ejus longitudine, latitudine $1\frac{2}{3}$ circiter in ejus altitudine; capite obtuso convexo $3\frac{4}{5}$ circiter in longitudine corporis; altitudine capitis $1\frac{1}{5}$ circiter, latitudine capitis $1\frac{2}{3}$ circiter in ejus longitudine; linea rostro-frontali ante oculos convexa; oculis diametro 4 circiter in longitudine capitis, diametro $1\frac{1}{2}$ circ. distantibus; naribus parvis distantibus, posterioribus patulis oblongis, anterioribus brevitubulatis; rostro convexo-obtuso; osse suborbitali supra angulum oris altitudine oculi diametrum aequante; labio rostro-suborbitali non angulato margine postrorsum declivi rectiusculo; maxillis subaequalibus, superiore sub oculi margine anteriore vel vix ante oculum desinente 3 circiter in longitudine capitis; dentibus intermaxillaribus, caninis et angulari exceptis, in cristam osseam laeviusculam unitis, caninis 4 internis quam externis plus duplo majoribus, angulari mediocri prominente; dentibus inframaxillaribus caninis 4 magnis externis quam internis plus duplo majoribus extrorsum et retrorsum curvatis, dentibus ceteris in cristam osseam crenulatam unitis; squamis genis 4- ad 5-seriatis non conspicue imbricatis; praeoperculo rectangulo angulo rotundato, margine posteriore anguloque denticulis vix conspicuis scabro, inferne edentulo, limbo lato alepidoto; squamis interoperculo uniseriatis, operculo 5- ad 6-seriatis squamis cephalicis ceteris majoribus; labiis carnosis latis; membrana operculari postice obtusa; osse pharyngeali inferiore valido dentibus graniformibus crista 3-seriatis, corpore 5- ad 6-seriatis serie posteriore medio dentibus 3 ceteris multo majoribus mediano omnium maximo; squamis lateribus 29 in linea laterali, 12 in serie transversali quarum 3 lineam lateralem inter et spinas dorsales

anteriores; squamis caudalibus posticis 5 circiter elongatis; linea laterali singulis squamis tubulo vulgo leviter arborescente notata; pinnis dorsali et anali basi vagina squamosa valde humili; dorsali radiosa dorsali spinosa altiore obtusa rotundata; dorsali spinosa spinis validis posterioribus subaequalibus spinis anterioribus duplo circiter longioribus corpore plus triplo humilioribus, membrana inter singulas spinas valde incisa lobata; pinnis pectoralibus apice acutis margine posteriore convexis 5 circiter-, ventralibus acutis $5\frac{2}{3}$ circiter-, caudali dimidio basali squamata truncata angulis acuta 6 fere in longitudine corporis; anali dorsali radiosa humiliore postice acutiuscula, spina 3a radio 1o et spina dorsali postica conspicue breviore; colore corpore superne olivaceo, lateribus caudaque flavescente-aurantiaco, inferne flavescente-margaritaceo; iride aurea; fascia operculo-dorsali lata luteo-margaritacea curvata dimidio posteriore superne et inferne vitta nigricante-violacea limbata operculo incipiente regionem supra-axillarem intrante et ad basin pinnae dorsalis sub spinis ejus posticis desinente; dorso ad finem fasciae operculo-dorsalis macula magna irregulari nigricante-violacea basin pinnae dorsalis intrante; pinnis flavescente-aurantiacis, dorsali et anali coerulescente marginatis.

B. 6. D. 13/7 vel 13/8. P. 2/13. V. 1/5. A. 3/9 vel 3/10. C. 1/12/1 et lat. brev.

Hab. Kei-major, ? in mari.

Longitudo speciminis unici 170'''.

Rem. Cette belle espèce se fait reconnaître au premier coup-d'oeil par la large écharpe nacrée bordée de noirâtre qui descend des derniéres épines dorsales vers l'aisselle et se termine sur l'opercule. Le Choerops robustus (Xiphochilus robustus Günth.) montre aussi une large écharpe nacrée, mais cette écharpe est disposée tout autrement s'étendant depuis la region postaxillaire jusque sur le dos de la queue. On n'y voit pas non plus la grande tache noirâtre du dos. Le robustus n'a que douze ou onze épines dorsales, etc.

Je suppose que l'individu décrit du zosterophorus provient des mers de l'île de Kei-major, mais je ne suis pas sur de cette localité. Ce qu'il est certain c'est que l'espèce habite les parties orientales des Moluques.

Choerops dodecacanthus Blkr.

Choer. corpore oblongo compresso, altitudine $3\frac{1}{4}$ circiter in ejus longitudine, latitudine 2 et paulo in ejus altitudine; capite obtuso convexo 4 circiter in longitudine corporis; altitudine capitis 1 et paulo-, latitudine capitis $1\frac{2}{3}$ circiter in ejus longitudine; linea rostro-frontali declivi rectiuscula; oculis diametro 4 circiter in longitudine capitis, diametro 1 circiter distantibus; naribus parvis anterioribus brevitubulatis; rostro valde obtuso; osse suborbitali supra angulum oris oculi diametro sat multo altiore; labio rostro-suborbitali non angulato margine postrorsum declivi rectiusculo; maxillis subaequalibus, superiore sub oculi margine anteriore desinente 3 et paulo in longitudine capitis; dentibus intermaxillaribus, caninis et angulari exceptis, in cristam osseam laeviusculam unitis, caninis 4 internis quam externis plus duplo majoribus, angulari mediocri prominente; dentibus inframaxillaribus caninis 4 magnis externis quam internis conspicue majoribus extrorsum et retrorsum curvatis, dentibus ceteris anterioribus in cristam ossam coalitis posterioribus 6 circiter conicis; squamis genis 8- vel 9-seriatis seriebus superioribus exceptis imbricatis; praeoperculo rectangulo angulo rotundato margine posteriore anguloque denticulis numerosissimis scabro limbo late alepidoto; squamis interoperculo biseriatis, operculo 5- vel 6-seriatis squamis cephalicis ceteris multo majoribus; labiis carnosis sat latis; membrana operculari postice obtusa; osse pharyngeali inferiore valido dentibus corpore graniformibus 5- ad 6 seriatis serie posteriore ceteris multo majoribus oblongis, crista 3-seriatis ex parte conicis obtusis; squamis lateribus 29 in linea laterali, 12 in serie transversali quarum 3 lineam lateralem inter et spinas dorsales anteriores; squamis caudalibus posticis 5 circiter elongatis; linea laterali singulis squamis tubulo valde arborescente notata; pinnis dorsali et anali basi vagina squamosa valde humili, dorsali radiosa dorsali spinosa altiore obtusa rotundata, spinosa spinis validis posterioribus subaequalibus spinis anterioribus duplo circiter longioribus corpore plus triplo humilioribus, membrana inter singulas spinas valde incisa lobata; pinnis pectoralibus apice acutis inferne obtusis rotundatis $4\frac{3}{5}$ circiter-, ven-

tralibus acutis 6 circiter-, caudali obtusa truncata angulis acuta non producta 6 fere in longitudine corporis; anali dorsali radiosa paulo humiliore postice acutiuscula spina 3ª radio 1° et spina dorsali postica non vel vix breviore; colore corpore superne olivaceo, lateribus et postice flavescente-aurantiaco, inferne flavescente-margaritaceo; squamis corpore singulis stria transversa coerulescente; squamis cauda singulis medio stria longitudinali coerulescente; iride aurantiaca-rubra; vitta praeoculari et vitta suboculari longitudinali pulchre coeruleis; operculo inferne antice macula rotunda lutea violascente cincta; pinnis aurantiacis vel roseis, dorsali superne, anali inferne, caudali superne et inferne coeruleo marginatis; anali rosea vitta intramarginali et vitta subbasali longitudinali flavis.

B. 6. D 12/8 vel 12/9. P. 2/14. V. 1/5. A. 3/10 vel 3/11. C. 1/12/1 et lat. brev.

Hab. Borbonia, in mari.

Longitudo speciminis descripti 260‴.

Rem. Les affinités du Choerops dodecacanthus lui indiquent manifestement sa place entre le Choerops macrodon et le Choerops Schoenleini et le rapprochent surtout du dernier. Cependant le Schoenleini se distingue, outre la formule de la dorsale, par son profil qui est plus obtus, par l'absence de la dent angulaire de la mâchoire supérieure, par les canines de la mâchoire inférieure dont les externes ne sont pas plus grandes que les autres et non recourbées en arrière et en dehors, et puis par les 18 ou 19 rayons de la pectorale. Puis encore les écailles sousoculaires, dans le Schoenleini, ne forment que 5 rangées et ne se recouvrent point, et la base de la partie postérieure de la dorsale épineuse, dans les individus de la même taille que celle de l'exemplaire que j'ai sous les yeux, montre une tache noirâtre dont je ne trouve même pas de vestige dans l'espèce actuelle. Un des caractères les plus essentiels cependant pour distinguer les deux espèces se trouve dans la gaîne squammeuse de la dorsale, qui, très-haute et composée de grandes écailles dans le Schoenleini, n'est que très-peu développée et composée d'écailles assez petites dans l'espèce actuelle.

Je note ici que le Xiphochilus robustus Günth., le Xiphochilus gymnogenys Günth. et le Xiphochilus fasciatus Günth. sont tous

aussi de vrais Choerops, qui ont de commun avec l'espèce actuelle le caractère normal de 12 épines dorsales et d'une gaîne squammeuse de la dorsale peu développée. Le robustus est même fort voisin du dodecacanthus mais il s'en distingue par sa tête qui est plus obtuse et plus convexe, par l'absence de tache jaune à bord violet, par la présence au contraire d'une large bande nacrée et oblique entre l'aiselle et le dos de la queue, etc.

Le dessin que j'ai fait faire du dodecanthus étant destiné à être publié dans la partie ichtbyologique des recherches sur la Faune de Madagascar et de ses dépendances par M. François P. L. Pollen, je ne publie ici que la figure du Choerops zosterophorus.

La Haye, Octobre 1866.

DESCRIPTION D'UNE ESPÈCE DE RHOMBOTIDES LE L'ÎLE DE LA RÉUNION,

PAR

P. BLEEKER.

Rhombotides polyzona Blkr.

Rhombot. corpore orbiculari, altitudine spinam dorsi 1^m inter et spinam ventralem $1\frac{3}{4}$ ad $1\frac{4}{5}$ in ejus longitudine absque pinna caudali, $2\frac{1}{5}$ ad $2\frac{1}{3}$ in ejus longitudine cum pinna caudali; altitudine spinam dorsi posticum inter et spinam analem 1^m $1\frac{2}{3}$ ad $1\frac{4}{5}$ in ejus longitudine absque pinna caudali, 2 et paulo ad $2\frac{1}{4}$ in ejus longitudine cum pinna caudali; latitudine corporis $3\frac{1}{3}$ ad $3\frac{1}{4}$ in ejus altitudine spinam dorsi 1^m inter et spinam ventralem; capite obtuso $4\frac{3}{5}$ ad $4\frac{4}{5}$ in longitudine totius corporis, conspicue altiore quam longo; latitudine capitis $1\frac{2}{3}$ ad $1\frac{3}{4}$ in ejus longitudine; oculis diametro 3 ad $3\frac{2}{3}$ in longitudine capitis, diametro 1 et paulo ad $1\frac{1}{2}$ distantibus; linea rostro-frontali fronte convexa rostro concava; linea interoculari convexa; naribus patulis anterioribus posterioribus majoribus; rostro elevato angulum oris inter et oculum oculi diametro duplo ad plus duplo altiore; maxillis subaequalibus brevibus, superiore ante nares desinente; dentibus maxillis sessilibus apice digitatim lobatis, intermaxillaribus utroque

latere 8 vel 9, inframaxillaribus utroque latere 9 vel 10; praeoperculo obtusangulo angulo rotundato; operculo plus duplo altiore quam lato, rugoso; ossibus scapularibus rugosis; linea laterali valde curvata; squamis capite corporeque bene conspicuis capite cycloideis, trunco ctenoideis, 120 circiter in linea laterali, postaxillaribus lateralibus ceteris vix majoribus; spina caudali oculo multo breviore postice spinula accessoria nulla; pinnis dorsali et anali basi squamatis obtusis rotundatis, dorsali parte spinosa parte radiosa conspicue breviore spinis validis postrorsum longitudine accrescentibus postica radio 1° non vel vix breviore 4 circiter in altitudine corporis; pectoralibus acutis capite paulo longioribus; ventralibus acutis capitis parte postorali non vel vix longioribus; anali dorsali radiosa longiore spinis validis, 3ª ceteris longiore radio 1° non vel vix breviore, 1ª minima; caudali truncata angulis acuta $4\frac{2}{5}$ ad $4\frac{3}{5}$ in longitudine corporis; colore corpore superne olivaceo, inferne olivascente-argenteo; capite fasciis 4 transversis nigricantibus 1ª rostro-frontali, 2ª maxillo-oculari interdum e maculis oblongis composita, 3ª oculo-interoperculari, 4ª operculari; fasciis corpore transversis nigricantibus inferne quam superne multo gracilioribus 8, fascia 1ª dorso-axillo-ventrali, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª et 6ª dorso-analibus, 7ª et 8ª caudalibus; regione thoracogulari guttis vel maculis oblongis aliquot nigricantibus; pinnis imparibus olivascente-vel fuscescente-violaceis, pectoralibus olivascente-aurantiacis, ventralibus albidis late nigricante-violaceo tinctis; iride viridi margine orbitali fusca.

B. 5. D. 9/23 vel 9/24 vel 9/25. P. 2/14. V. 1/5. A. 3/21 vel 3/22 vel 3/23. C. 1/14/1 et lat. brev.

Hab. Borbonia, Mayotte, in mari.

Longitudo 6 speciminum 127‴ ad 200‴.

Rem. Le Rhombotides que je viens de décrire sur une belle série d'individus, est manifestement fort voisin du Rhombotides triostegus. Il s'en distingue cependant par les quatre bandes de la tête, par les huit bandes du corps, par la forme plus raccourcie, plus orbiculaire du corps, par un profil plus obtus, par les épines dorsales qui sont relativement moins longues, etc.

La Haye, Juin 1866.

DESCRIPTION ET FIGURE D'UNE NOUVELLE ESPÈCE DE TRACHYPTERUS DE L'ÎLE D'AMBOINE.

PAR

P. BLEEKER.

(Avec figure sur planche XII.)

Trachypterus semiophorus Blkr.

Trachypt. corpore oblongo-elongato, valde compresso, ventre valde prominente, cauda postice praesertim maxime gracilescente; altitudine corporis pinnam ventralem inter et dorsalem anteriorem 4 fere in ejus longitudine usque ad basin pinnae caudalis; latitudine corporis regione thoracica 4 circiter in ejus altitudine maxima; capite obtuso oblique truncato, $5\frac{1}{2}$ circiter in longitudine corporis absque pinna caudali, altiore quam longo; linea rostro-nuchali valde declivi rectiuscula; linea dorso-caudali sub pinna dorsali 1ª convexa, tunc usque supra anum declivi rectiuscula, cauda leviter concava; linea ventrali valde convexa undulata; oculis diametro $2\frac{2}{3}$ ad $2\frac{3}{4}$ in longitudine capitis; ore parvo rictu valde obliquo; maxilla superiore valde protractili, postice valde lata longitudinaliter radiatim rugosa, sub pupilla desinente; dentibus maxillis conicis parcis minimis; ossibus opercularibus tenuissimis rugoso-striatis; praeoperculo obtuse rotundato; cute toto corpore verruculoso-granulosa; linea laterali spinulis minimis scabra, valde declivi medio leviter deorsum curvata postice caudae parte inferiore decurrente; pinna dorsali 1ª angulo lineae rostro-dorsalis ex parte supra oculum inserta, basi oculo breviore, spinis liberis gracilibus flexilibus scabris ex parte valde elongatis trunco vix brevioribus et lobulis membranaceis distantibus munitis, dorsali 2ª non cum dorsali 1ª unita medio quam postice plus duplo altiore corpore

regione thoracica triplo circiter humiliore radiis gracilibus spinulis minimis scabris; pectoralibus acutiusculis capite plus duplo brevioribus; ventralibus caudae partem posteriorem attingentibus radio anteriore antice spinulis scabro; caudali lobo superiore verticaliter axi caudae inserto flabelliformi capite longiore, lobo inferiore rudimentaria radiis vix conspicuis; colore corpore argenteo, fasciis nigricante-violaceis transversis rostro fronteque 4 parum distinctis, dorso caudaque 12 quarum praecaudalibus lineam lateralem non attingentibus caudalibus autem totum corpus cingentibus, ventre 3 vel 4 lineam lateralem attingentibus vel subattingentibus; iride margaritaceo-viridi medio fascia verticali nigricante; pinnis flavis, dorsali 1a lobulis radiorum nigricante; caudali macula maxima triangulari nigra apice caudam versus spectante.

B. 6. D. 8—120. P. 11. V. 5. C. lob. sup. 10, lob. inf. 5.

Habit. Amboina, in mari.

Longitudo speciminis unici absque pinna caudali 149'''.

Rem. L'espèce actuelle, la première du genre Trachypterus qu'on vient de connaître de l'Inde Archipélagique, est voisine, tant par ses formes générales que par les lobules et par le prolongement des rayons de la première dorsale et le système de coloration, du Trachypterus repandus Costa, mais celui-ci se distingue par la caudale qui se continue regulièrement dans l'axe de la queue, par le profil qui est plus obtus, par la plus grande longueur des filets de la première dorsale, etc.

La Haye, Octobre 1867.

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

Sciences exactes et naturelles.

NOTICE

SUR LE

DROMAS ARDEOLA PAYK.

PAR

FEU **J. VAN DER HOEVEN.**

Traduit des: „Nova Acta Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Germanicae Naturae Curiosorum", Tome XXXIII, 1867.

1. Il n'y a plus aujourd'hui, je pense, qu'un petit nombre de genres d'Oiseaux dont les affinités et la place qui leur revient dans le système naturel donnent lieu, parmi les zoologistes, à de grandes divergences d'opinion. De ce nombre, toutefois, fait encore partie le genre auquel le zoologiste suédois Paykull, qui le décrivit le premier, au commencement de ce siècle, imposa le nom de *Dromas*. Comme j'ai reçu dernièrement de M. Ed. Rüppell, le célèbre explorateur de la Nubie et de l'Abyssinie, un squelette de cet oiseau, j'ai pensé qu'il ne serait pas sans intérêt pour la science d'essayer d'emprunter à l'étude du squelette même quelques arguments propres à éclairer la question controversée.

2. Rappelons d'abord l'historique de cette question. J'ai cherché en vain, dans les bibliothèques publiques de notre pays, le tome des Mémoires de l'Académie des sciences de Stockholm qui contient la description de Paykull [1]). Je dois donc des remercîments

[1]) Bekrifning öfver et nytt Genus och Species bland Flåglarna: Dromas Ardeola af G. von Paykull. *Vetenskaps Akademiens Handlingar för* 1805, Tom. XXVI, p. 182—190, Tab. VIII.

à mes amis MM. Nilsson, Sundevall et Reinhardt, les deux premier professeurs à Stockholm, le dernier à Copenhague, qui ont eu l'obligeance de me faire connaître en détail le contenu de cette dissertation. Paykull avait reçu la peau de l'oiseau en question d'un marchand d'objets d'histoire naturelle établi à Amsterdam. Celui-ci prétendait que l'oiseau avait été rapporté des Indes-Orientales; mais Paykull fait observer, avec raison, que les renseignements de ce genre, qui ne reposent que sur le témoignage des marchands, sont très incertains. Notre auteur ne fait aucun doute que l'oiseau ne doive être classé, dans le système de Linné, parmi les *Grallae*, dans le système de Pennant et de Latham, au contraire, parmi les espèces que ces savants appellent *Palmipedes, pedibus longioribus.* Dans le système ornithologique de Brisson, qui, d'après Paykull, doit être préféré aux autres, ces espèces forment un ordre à part, intermédiaire entre les *Anseres* et les *Grallae* et liant ces deux ordres l'un à l'autre. Brisson cite dans cet ordre deux genres, savoir *Recurvirostra* et *Phoenicopterus* [1]). A côté d'eux viendrait se placer le genre nou-

La plupart des volumes des Mémoires de l'Académie de Stockholm qui ont été publiés de 1790 jusqu'aux premières années du siècle actuel manquent, en général, dans nos bibliothèques; quelques-uns d'entre eux ne se trouvent que rarement en Suède même, la plus grande partie de ces volumes, ainsi que me l'écrivent MM. Nilsson et Sundevall, ayant été détruite par le feu, il y a environ trente ans, dans les magasins de l'éditeur.

[1]) C'est l'ordre dernier ou vingt-sixième; voyez *Ornithologie* de Brisson, T. VI, Paris 1760, 4°. p. 531. Il comprend les oiseaux à jambes plus longues que le corps, à quatre doigts, les trois antérieurs unis entre eux par une membrane. le postérieur libre. J'omets le troisième genre que Brisson place dans cet ordre, celui qu'il appelle *Corrira* et qu'il a pris dans l'Ornithologie d'Aldrovande. Ce genre, que personne n'a vu après Aldrovande, repose sur un exemplaire factice, dans la composition duquel paraissent être entrées des parties empruntées à des oiseaux différents. On peut voir sur ce point la conjecture de Bechstein, rappelée par Illiger dans son *Prodromus systematis Mammalium et Avium*, 1811, 8°. p. 268; Vieillot a exposé la même conjecture (en se l'appropriant, suivant la louable habitude de certains esprits,) dans le *Nouveau Dictionnaire d'Histoire naturelle appliquée aux Arts*, Tom. VIII, Paris 1817, p. 291, 292. Quant à la supposition de Lesson (*Traité d'Ornithologie*, 1831, p. 290), que le *Corrira* n'aurait été rien autre que notre genre Dromas lui-même, elle est très hasardée et fort peu vraisemblable.

veau, auquel Paykull donne le nom, tiré du grec, *Dromas*, parce que l'oiseau paraît chercher sa nourriture *en courant* sur les bords de la mer.

L'auteur formule ensuite de cette manière les caractères génériques:

Rostrum rectum, validum, elongatum, inerme, mandibula inferiori gibbosa. Nares ovatae.

L'espèce unique dont le genre se compose jusqu'à présent est appelée *Dromas Ardeola*, et sa diagnose exprimée dans les termes suivants:

Alba, occipite rectricibusque supra canescentibus, dorso remigibusque majoribus extrorsum nigris [1]).

[1]) La figure, que je n'ai pas vue, est, selon M. Reinhardt, exacte, mais peu expressive et assez grossière, faite à l'imitation des planches de Brisson; elle représente l'oiseau avec les ailes à demi étendues. L'exemplaire décrit par Paykull est encore conservé aujourd'hui, comme me l'a appris M. Sundevall, dans le musée de Stockholm.

L'auteur ajoute une description latine que je crois devoir reproduire intégralement: (p. 182) „Recurvirostram avosettam magnitudine paulo superat. Rostrum nigrum, opacum, rectum, edentulum, longitudine a fronte 2 poll., 4 lin. Mandibula superior subconica, naribus magnis ovatis, versus basin positis, sulco vero ut in Ardeis a naribus ad apicem nullo. Mandibula inferior paulo ante medium valde gibba et (p. 189) dehinc versus apicem angustata, subconica, acuminata. Lingua cartilaginea, acuta, integra. Frons, jugulum, genae et gula alba. Occiput, tempora, nuchaque canescentia, cervice infima nigricante. Collum ut in ardeis elongatum. Pectus, axilla, hypochondria, abdomen, crisum (sic!) et uropygium alba. Dorsum nigrum, postice pennis longioribus in medio longitudinaliter albis. Alae amplae cauda multo longiores: remiges primores supra basi sub tectricibus albi, in medio extrorsum nigri, introrsum albidi, versus apicem 1—5 omnino nigri, reliqui autem quinque introrsum canescentes, rachidibus omnibus fere ad apicem albis: remiges secundariae 1—12 breves, latiusculi, apice rotundati, supra extrorsum nigri, introrsum albido canescentes, 13—18 magis elongati et acuminati, canescentes, subtus omnes dilutiores. Tectrices majores supra nigrae, minores albae, immaculatae. Cauda integra, brevis, longitudine 3 poll. 2 lin., recticibus (rectricibus) duodecim apice rotundatis, supra dilute canescentibus, subtus albis. Pedes ut in Grallis tenues elongati: femora longitudine 3 poll. 4 lin. seminuda, a basi ad medium plumis albis vestita; tibiae longitudine 3 poll. 5 lin. nudae, inermes; digiti quatuor, anticis tribus membrana natatoria connexis, quae quidem usque ad ungues sese extendit, sed in medio inter digitos, omnino ut in Recurvirostra, valde emarginata est, inter digitum scilicet exteriorem et medium

3. L'espèce que Paykull avait décrite fut retrouvée, quelques années plus tard, sur les bords de la Mer Rouge, par le voyageur anglais Salt, lorsque, après avoir déjà visité l'Abyssinie antérieurement [1]), il la parcourut de nouveau en 1809 et 1810. C'est sur les bords d'une baie, dite Amphila, formée par la Mer Rouge vers le dixième degré de latitude nord, que Salt vit l'oiseau pour la première fois: il y découvrit deux individus, un mâle et une femelle. Salt dit que l'oiseau cherche sa nourriture sur le rivage, après que le flot s'est retiré, et parmi les matières que la mer a rejetées. L'auteur compare les pieds de l'oiseau à ceux des *Recurvirostra*. Les exemplaires, arrivés en Angleterre après que le voyage fut achevé, furent rapportés par le savant ornithologiste Latham au genre *Ardea* [2]); mais Stanley jugea plus tard qu'ils devaient former un genre à part, et il imposa par suite à l'oiseau un nom nouveau, celui de *Erodia amphilensis*. On ne trouve dans l'ouvrage de Salt ni diagnose générique ni description détaillée de l'oiseau; mais la relation de son voyage renferme deux petites figures, qui suffisent pour distinguer l'espèce [3]).

4. Quelques années après, C. J. Temminck publia une figure coloriée de la même espèce, en inscrivant sur sa planche le nom qui avait été donné par Paykull [4]). Mais, avant que l'explication

---

ad (p. 190) articulum secundum exterioris, inter digitum vero medium et interiorem vix ultra articulum primum interioris sese extendente. Longitudo digiti medii 1 poll. 6 lin. exterioris 1 poll. 4 lin. et interioris 1 poll. 3 lin. est. Digitus posticus solutus, longitudine 6 linearum ideoque terram bene attingit. Ungues breves, subobtusi, nigri."

Viennent ensuite des observations, en langue suédoise. sur l'origine de l'exemplaire, origine que nous avons déjà fait connaître plus haut.

[1]) Il accompagnait, en qualité de secrétaire et de peintre, M. Valentia, qui entreprenait un grand voyage dans l'Inde et dans l'île de Ceylan.

[2]) A *l'Ardea pondiceriana*, qu'on appelle aujourd'hui *Anastomus*, bien que ce nom ait été appliqué, il y a déjà longtemps, par Gronovius, à un genre de poissons.

[3]) Salt's *Travels in Abyss.* IV, p. 60 Pl. (d'après la citation de G. R. Gray *The Genera of Birds*). Quant à moi, j'ai fait usage de la traduction française de cet ouvrage: *Voyage en Abyssinie* par H. Salt, trad. de l'anglais par P. F. Henry, Paris 1816, 2 vol., 8º.; voy. I, p. 232, II, p. 348 et 371, Atlas, pl. XXXI.

[4]) *Nouveau Recueil de Planches coloriées d'Oiseaux*. Pl. 362.

de cette planche eût été imprimée, il parut sur le même genre d'oiseaux un travail de Dupont, auquel était jointe une figure un peu différente de celle de Temminck [1]). Ce dernier expliqua toutefois, plus tard, que la différence devait être attribuée au sexe, Dupont ayant représenté un oiseau mâle, lui-même, un oiseau femelle [2]). Temminck fit connaître que l'espèce se trouve à la fois en Abyssinie et dans l'Inde, dans la région du Bengale; nous savons (v. plus loin) qu'on l'a rencontrée aussi dans l'île de Ceylan. C'est donc à tort que Paykull s'était méfié du témoignage du marchand de qui il avait acheté son exemplaire.

5. Voilà à peu près tout ce qui, à ma connaissance, a été écrit sur le *Dromas*. L'oiseau ayant déjà été figuré plusieurs fois et se rencontrant dans un grand nombre de musées, il me paraît inutile d'en donner ici une description nouvelle. Mais je dois dire quelques mots des opinions diverses qui ont été émises, par différents auteurs, au sujet de la place qu'il convient d'assigner à ce genre dans la classe des Oiseaux. Paykull, en le rapportant au dernier ordre de Brisson, a été guidé uniquement par le caractère des pieds palmés; le genre *Recurvirostra*, en effet, n'a guère d'affinité un peu étroite avec le *Phoenicopterus*, et le genre *Dromas* est également assez éloigné de ce dernier [3]). J'ai déjà dit plus haut que notre oiseau avait été pris d'abord, par l'ornithologiste anglais Latham, pour une espèce du genre *Ardea*. Mais les zoologistes récents ne s'accordent même pas tous à le ranger dans la famille des Hérons. Cuvier place le genre *Dromas* dans la famille d'Echassiers qu'il appelle les Cultrirostres, et qui com-

[1]) *Description d'un nouvel oiseau du Bengale*, *que* M. C. J. Temminck *a nommé Dromas ardeola*. Par M. Dupont aîné. *Annales des Sciences natur.*, IX, 1826, p. 184—187, pl. 45.

[2]) L. I., Livraison 61.

[3]) Parmi les zoologistes modernes je ne vois que Lesson (*Traité d'Ornithologie*, p. 589, 590) qui ait suivi cette disposition de Paykull.

Dans le grand ouvrage de Oken sur l'ensemble de l'histoire naturelle (*Allgemeine Naturgeschichte für alle Stände*, T. VII, 1837) il n'est fait aucune mention du genre *Dromas*.

prend les Grues, les Hérons et les Cigognes, et il l'y met à la suite du genre *Anastomus*, comme sous-genre de ce dernier [1]). G. R. Gray, le célèbre ornithologiste de nos jours, dans le grand et important ouvrage qu'il a publié sur les genres des Oiseaux, classe le genre *Dromas* dans la tribu des Cigognes, qui renferme en outre les genres *Ciconia*, *Mycteria* et *Anastomus* [2]). Temminck, adoptant une disposition à peu près semblable, le place après le genre *Scopus*, qui lui-même suit les genres *Anastomus* et *Ciconia*. Mais, en intercalant le genre *Dromas* entre *Scopus* et *Phoenicopterus*, Temminck essaie assez malheureusement de lier deux genres passablement distants entre eux, à l'aide d'une troisième qui n'a guère d'affinité ni avec l'un ni avec l'autre [3]). — Lors même que le genre *Dromas* devrait être rangé auprès des Hérons, il ne pourrait pourtant être considéré, ainsi que le voulait Cuvier, comme sous-genre du genre *Anastomus*; la forme du bec diffère, la situation des narines est autre, enfin il y a disparité quant à l'enveloppe des tarses, réticulée chez *l'Anastomus*, écussonnée chez le *Dromas*. La longueur relative des rémiges est aussi différente: chez le *Dromas* je trouve que la première est la plus longue, tandis que chez *l'Anastomus* la deuxième et la troisième, ou la troisième et la quatrième, d'ailleurs presque égales entre elles, dépassent toutes les autres. En adjoignant le *Dromas* au genre

---

[1]) *Le Règne animal distribué d'après son organisation;* nouvelle édition, I, 1829, p. 516.

Dans le *Prodromus* de Illiger le genre *Dromas* manque.

[2]) G. R. Gray, *The Genera of Birds*, Londres 1848, III, p. 560. La plupart des auteurs paraissent assigner aujourd'hui au *Dromas* une place analogue, comme on pourra s'en assurer en ouvrant les Manuels zoologiques les plus récents.

[3]) Voici les paroles de Temminck: „Nous classons cet oiseau entre les genres *Scopus* et *Phoenicopterus*." Il n'y a aucun doute que le genre *Scopus* — dont, suivant la remarque de M. Reinwardt, le genre *Balaeniceps* est très voisin — n'appartienne à la famille des Hérons; mais le *Phoenicopterus* paraît être un genre à part, auquel il est même difficile d'assigner une place convenable dans le système naturel. Dire d'un genre qu'il est voisin de ce genre à classement douteux et incertain, sans avoir préalablement levé cette difficulté, c'est émettre une opinion qui n'a pas grande signification.

Anastomus, il ne resterait presque plus un seul des caractères diagnostiques de ce dernier; il n'y a pas plus de liens d'affinité entre ces deux genres qu'entre les genres *Dromas* et *Ciconia*. Peut-être l'opinion qui les rapproche est-elle découlée de celle que Latham avait émise d'abord au sujet des exemplaires rapportés par Salt.

Quant à moi, je continue à défendre une opinion différente, que j'avais proposée dans la seconde édition de mon Manuel de Zoologie [1]). Le genre *Dromas* me paraît devoir être séparé de la famille des Hérons; bien loin de le regarder comme faisant partie des Cultrirostres de Cuvier, je pense qu'il serait placé plus convenablement parmi les genres qui, dans le système de Cuvier, composent la famille des Pressirostres, savoir *Charadrius*, *Vanellus* et ceux qui leur ressemblent. Je ne nie pas que, même dans cette famille, le genre *Dromas* ne constitue sous certains rapports une anomalie; mais une étude nouvelle du squelette m'a fourni des arguments qui confirment l'affinité du genre *Dromas* avec le genre *Oedicnemus*. Le lecteur qui voudra bien examiner la description du squelette jugera de la validité de mes raisons.

6. Reste encore une dernière opinion, tout à fait différente et qui a été avancée par l'ornithologiste anglais Blyth [2]). Il avait été dit autrefois par Dupont que le bec du Drome n'est pas sans quelque ressemblance avec celui des Sternes [3]). M. Blyth pense que le *Dromas* doit, en effet, être rapproché des *Sterna*, et il a été conduit à cette opinion par la considération du plumage du

[1]) *Handboek der Dierkunde*, seconde édition, II, 1855, p. 651, 652; *Handbuch der Zoologie*, II, Leipzig 1856, p. 423. Temminck ne me paraît pas avoir été opposé à une opinion analogue; car, peu conséquent à lui-même, il dit, en faisant la revue des espèces d'Oedicnèmes: „L'espèce unique du genre Dromas tient de très près aux Oedicnèmes." *Nouveau recueil de Planches coloriées*, Livr. 65.

[2]) *Prodromus Faunae Zeylanicae, being contributions to the Zoology of Ceylon*, by E. F. Keelaart M. D. etc., Colombo 1852, 8°.; Appendix, p. 45, 46.

[3]) „La forme de son bec, la disposition de ses narines est bien plutôt celle des Sternes que celle des Hérons et des Oedicnèmes. Il en est de même pour le système de coloration et pour le lustre des plumes" L. I. p. 187.

jeune Drome, très semblable, dit-il, à celui qui distingue les Sternes dans le jeune âge. Il est en outre d'avis que les genres *Larus* et *Sterna* doivent être retirés de l'ordre des Nageurs, et qu'ils ont plus de rapports avec le genre *Charadrius* que celui-ci n'en a avec les autres genres des Échassiers, par exemple avec les *Rallus* et les *Ardea.* D'après cet ornithologiste, les *Sterna* et les *Larus* devraient donc être placés parmi les Échassiers, en même temps que les *Dromas;* de ces trois genres, le dernier est pourtant le seul qui présente le vrai type des Échassiers [1]). On voit que M. Blyth ne rapporte pas le *Dromas* aux Nageurs, mais qu'il range au contraire les *Sterna* et les *Larus*, à côté du *Dromas*, parmi les Échassiers. Je suis disposé à croire que cette opinion trouvera peu d'accueil chez les zoologistes; même chez ceux qui, n'ayant aucune aversion pour les innovations, regardent le Flammant comme formant un genre anomal parmi les Canards. Cette opinion, et d'autres qui me semblent non moins paradoxales, prennent peut-être leur source dans l'oubli de la distinction qu'il y a à faire entre l'analogie, ou similitude éloignée, et l'affinité proprement dite, ou rapport réel de structure. Or, dans la recherche de cette affinité, on ne peut guère avoir recours à des considérations moins sûres et de moins de valeur que celles qu'on emprunte à la manière de vivre ou à la station.

7. Après avoir rappelé les opinions des auteurs, interrogeons

[1]) „On doit remarquer que les habitudes du Drome sont tout à fait celles d'un Sterne maritime; en outre, un œuf envoyé autrefois par M. Layard, comme appartenant très probablement à cette espèce (et il ne pouvait guère avoir appartenu à quelque autre), fournit une nouvelle confirmation de la vue adoptée ici relativement à la place que ce genre remarquable doit occuper dans la série naturelle." (Blyth). L'auteur ne donne pas la description de cet œuf. Accordons, bien que cela ne soit pas prouvé, que l'œuf ait réellement appartenu au Drome; accordons aussi qu'il ait ressemblé à un œuf de Sterne. Il aura donc été d'un jaune sale, marqué de taches brunes; un pareil œuf diffère notablement de l'œuf unicolore du Héron ou de l'œuf blanc de la Cigogne; mais ses couleurs se retrouvent chez une foule d'autres oiseaux de l'ordre des Échassiers. Les arguments de M. Blyth me paraissent surtout dirigés contre l'affinité des Hérons et du Drome. Mais cette affinité, je ne la défends pas non plus.

maintenant la nature elle-même sur le squelette que nous avons sous les yeux [1]).

Les vertèbres sont au nombre de 44, dont 21 placées en avant du bassin. Il y a 13 vertèbres cervicales. L'atlas est court, annulaire; les deux vertèbres les plus rapprochées de l'atlas sont également courtes. Les vertèbres du cou s'allongent ensuite jusque vers la septième, puis deviennent de nouveau plus courtes, mais plus larges, jusqu'à la treizième. Les apophyses épineuses ne se voient guère distinctement qu'à la seconde, la troisième et la quatrième vertèbre. Le corps des vertèbres qui composent le cou est muni en avant d'une carène longitudinale aiguë, qui dans la seconde, la troisième et la quatrième, ainsi que dans la deuxième et la troisième, se développe en une crête saillante [2]).

Les vertèbres dorsales, celles qui portent les côtes, sont au nombre de dix; mais les deux dernières de ces vertèbres sont déjà situées sous les os iliaques. Elles présentent une apophyse épineuse, qui, depuis la troisième jusqu'à la huitième vertèbre, porte une crête comprimée, presque carrée. Entre ces apophyses il ne reste que de petits interstices.

Entre les os du bassin sont situées quinze vertèbres, dont les deux premières toutefois donnent attache à des côtes et ont déjà été comptées parmi les dix vertèbres du dos. Il reste donc treize vertèbres pour constituer les lombes et le sacrum. Les corps de ces vertèbres sont confondus entre eux, de manière à former, comme dans les autres oiseaux, un os commun, dont la partie antérieure est ovale et qui postérieurement s'effile et devient cylindrique.

Des huit vertèbres de la queue, les cinq premières montrent des apophyses transverses distinctes, qui dans la première vertèbre caudale sont plus grandes et s'étendent jusqu'au bord interne de l'os ischiatique. L'avant-dernière vertèbre est petite; la der-

[1]) Au mémoire de M. J. van der Hoeven est jointe une planche, représentant le squelette du Dromas ardeola.

[2]) Hypapophyse ou apophyse hémale (*haemal spine*, Owen)

nière forme, comme dans les autres oiseaux, un osselet triangulaire, comprimé, dressé.

8. Le crâne est proémiment en dessus dans la region frontale· L'os occipital est plat, séparé de la région pariétale par une crête transversale. Dans la région pariétale on voit, de chaque côté, une fosse ou sinus pour le muscle temporal, laquelle descend obliquement en avant vers l'orbite et l'os carré. Au-dessus de la crête occipitale, entre les deux fosses temporales, s'étend une surface plane, lisse, qui en avant se continue avec la région frontale convexe et plus large. Au-dessus du bord orbitaire se trouve une fosse profonde, due à la glande nasale ou sus-orbitaire [1]). En avant, entre les deux orbites, ces fosses sus-orbitaires se rapprochent l'une de l'autre sous un angle aigu, de sorte qu'elles ne sont séparées en ce point que par une mince crête médiane. Le bord sus-orbitaire est aigu et mince et s'élève au-dessus de la fosse. En avant des os du front sont situés les os lacrymaux, qui se prolongent à angle droit en dehors sous forme d'oreillettes planes et horizontales. L'os carré, comme refoulé dans sa partie inférieure, est large supérieurement et divisé en deux branches écartées qui laissent entre elles un sinus demi-circulaire. Les os ptérygoïdes (omoïdes de Hérissant) sont minces, petits, styliformes. Les os palatins sont assez larges, tournés en dehors à partir de la base du crâne. La partie antérieure de la tête osseuse, celle qui est située vers la base du bec et formée par les os du nez, est déclive.

La cloison osseuse qui sépare les deux orbites est très mince et percée de trois trous. Celui de ces trous qui est situé le plus haut est intermédiaire entre les deux autres par les dimensions;

[1]) Voy. C. L. Nitzsch, *Uber die Nasendrüse der Vögel:* Meckel's *Archiv für die Physiol.*, VI, 1826, p. 234—269. Le crâne de *l'Haematopus ostralegus* présente des impressions sus-orbitaires entièrement semblables, à tel point, que la description de Nitzsch (V. ib. p. 260) pourrait presque s'appliquer au crâne du *Dromas*. Des impressions semblables ou analogues se retrouvent aussi dans le crâne des genres *Sterna*, *Larus* et *Diomedea*. Le crâne des *Ardea* et des *Ciconia*, au contraire, s'éloigne considérablement de celui du *Dromas* par l'absence de ces fosses sus-orbitaires, de même que par presque tous les autres caractères.

le trou inférieur est le plus grand et presque rectangulaire; le troisième, plus petit que les deux autres, a une forme triangulaire et occupe la partie postérieure de la cloison, en avant du trou optique, avec lequel il se confond par sa partie postérieure.

Le bord inférieur de la mandibule inférieure est convexe au-dessous du point où se fait l'articulation; il descend ensuite, de manière à former, à peu près sous le milieu de l'orbite, un angle saillant; à partir de ce point le bord s'étend, avec une légère courbure concave, environ jusqu'au dernier tiers de la longueur; là il devient convexe et se relève vers la mandibule supérieure. En avant de l'angle postérieur de la mandibule inférieure se voit un trou assez grand, ovale, transverse.

9. Les côtes sont minces. Les trois premières paires n'atteignent pas le sternum; les six paires suivantes s'unissent à cet os; la dixième paire se termine en épine mince avant de parvenir jusqu'au sternum, et adhère au bord inférieur de la neuvième paire.

Les apophyses dites uncinées n'existent qu'à cinq paires de côtes (savoir, à la quatrième, cinquième, sixième, septième et huitième).

10. Le sternum est étroit et mince; la crête seulement, qui est très saillante supérieurement, offre un peu plus de solidité vers son bord supérieur. Cette crête s'étend jusqu'au bord postérieur du sternum, en s'abaissant par une courbure très régulière. Deux échancrures, fermées par des membranes, se voient de chaque côté au bord postérieur du sternum; de ces quatre échancrures, les deux externes sont beaucoup plus profondes et plus grandes, et, à cause de la direction obliquement ascendante du bord, elles sont aussi plus élevées que les deux échancrures du milieu. Le sternum de *l'Haematopus* a beaucoup de ressemblance avec celui du *Dromas* [1]). Dans le genre *Sterna* il y a également quatre échancrures au bord postérieur de l'os sternal, mais elles diffèrent à peine de grandeur et sont placées sur la même ligne transversale.

[1]) Celui du *Glareola* ne s'en éloigne pas beaucoup non plus: voy. la figure donnée par Berthold, *Beiträge zur Anatomie*, *Zootomie und Physiologie*, Göttingen 1831, 8o., pl. V, fig. 21.

Chez les *Ciconia* et les *Ardea* il n'y a que deux échancrures au sternum, ordinairement peu profondes. L'apophyse supérieure, située entre les clavicules coracoïdiennes, et que Cuvier appelle épisternale [1]), est petite, mince, comprimée.

11. L'omoplate étroite, presque droite [2]), sauf à l'extrémité postérieure où elle est géniculée ou comme brusquement repliée vers le bas, s'étend en s'effilant jusqu'au delà de la dernière côte. La clavicule coracoïdienne est grêle, sauf vers le bord inférieur, ondulé et oblique, où elle est plus large. Les parties internes des deux os coracoïdiens, unies au sternum, sont extrêmement rapprochées l'une de l'autre; elles ne laissent entre elles qu'un espace de 3 mm. au plus, dans lequel se voit l'apophyse épisternale dont il a été question plus haut. La fourchette n'est pas grande, mais pourtant assez robuste en comparaison des autres parties, plus faibles, du squelette; elle n'est pas unie inférieurement au sternum [3]), et se termine en un petit disque arrondi et comprimé [4]).

L'humérus, large et solide dans sa partie supérieure, s'étend en arrière sur le bassin jusqu'au delà de la cavité cotyloïde. Derrière la tête de l'humerus il y a une crête externe fortement saillante, triangulaire, qui plus loin se confond avec le bord externe de l'os.

Le cubitus et le radius sont plus long que l'humérus. Le radius est presque droit, mince. L'os carpien ulnaire est assez grand. Les os métacarpiens du second et du troisième doigt sont longs, presque droits, rapprochés, et d'épaisseur très inégale, le métacarpien du troisième doigt étant le plus mince des deux.

---

[1]) *Leç. d'Anat. comp.*, sec. édit., T. I, 1835, p. 240.

[2]) Dans la plupart des Nageurs l'omoplate est plus courbée, et comme falciforme; beaucoup d'oiseaux de l'ordre des Échassiers ont l'omoplate presque droite.

[3]) Dans les Cigognes et les Hérons, au contraire, de même que chez beaucoup de Nageurs, on voit la fourchette soudée avec la crête du sternum.

[4]) Cette partie a été nommée dernièrement *apophyse furculaire de l'épisternum* par M. Harting; voy. *L'appareil épisternal des Oiseaux décrit par* P. Harting, Utrecht, 1864, 4°., p. 13.

Le doigt médian est long; sa première phalange montre au bord postérieur une petite crête comprimée, à la partie supérieure de laquelle se voit le troisième doigt, conique et comprimé.

12. Le bassin se distingue, de même que le thorax, par sa forme étroite et comprimée. L'os iliaque rappelle presque la forme de l'omoplate. Au milieu du dos, dernière la dernière côte, les deux os iliaques se touchent presque, n'étant séparés que par une crête étroite qui est formée par les apophyses épineuses confluentes des vertèbres lombaires et sacrées. Le pubis est grêle et long; il s'étend depuis la cavité cotyloïde, avec une légère convexité vers le dehors, le long du bord extérieur de l'ischion, jusqu'au delà de l'extrémité de cet os; entre le pubis et l'ischion il reste un espace étroit, qui dans sa partie supérieure est transformé par une mince lame osseuse transverse en un petit trou ovale, tandis qu'inférieurement il forme une longue èchancrure dont le bord interne, qui appartient à l'ischion, est onduleux.

Le fémur est court; élargi près des condyles, il est cylindrique dans le reste de son étendue; le condyle externe, plus grand que l'interne, descend vers le péroné.

Le tibia est long, cylindrique, épaissi dans sa partie supérieure; en avant du sinus qui reçoit les condyles du fémur, il présente une crête saillante, comprimée, presque carrée, qui se termine en un processus plan, dirigé vers le dehors [1]). Le péroné, plus épais vers le haut et s'amincissant par en bas, est petit et se soude bientôt au tibia; mais de manière pourtant qu'on peut en suivre la trace à la surface extérieure du tibia jusque vers la moitié de la longueur de cet os.

L'os tarso-métatarsien est long, presque cylindrique dans sa partie moyenne, quoique à face postérieure un peu aplatie. Supérieurement, là où il s'articule avec le tibia, il présente une facette excavée transversale, et un peu plus bas une tubérosité postérieure, comprimée et divisée par un sillon médian. La face antérieure est creusée vers le haut d'une fosse, petite mais assez

[1]) Je crois qu'il existe une petite rotule, mais elle n'était pas conservée dans le squelette qui a servi à ma description.

profonde, laquelle en descendant se change bientôt en un sinus ou sillon superficiel, qui s'évanouit tout à fait avant d'atteindre le milieu de l'os. Des condyles inférieurs, avec lesquels s'articulent les premières phalanges des trois doigts antérieurs, c'est l'interne qui est le plus court et placé le plus haut. L'os métatarsien du pouce est court et situé à environ 8 mm. au-dessus de l'extrémité inférieure de l'os principal, au bord interne et postérieur de cet os.

La première phalange du troisième doigt (celui qu'on appelle ordinairement antérieur médian) est la plus longue de toutes; celle de l'antérieur externe ou quatrième doigt est au contraire la plus courte. Le doigt du milieu, en y comprenant l'ongle, est deux fois plus court que l'os tarso-métatarsien et presque égal en longueur au fémur.

13. Les mesures suivantes feront connaître d'une manière plus complète les rapports de longueur des différents os [1]).

La longueur du cou, en le supposant étendu en ligne droite, serait d'environ 0,103; celle du dos jusqu'à l'origine du bassin, est 0,051; celle du bassin, sur le dos, 0,045; celle des vertèbres de la queue, 0,026. La longueur de la tête osseuse, depuis la crête occipitale jusqu'au bout du bec, est de 0,102 (v. plus haut § 7 et 8).

La longueur du sternum est de 0,059; sa largeur, à l'endroit où il donne attache aux côtes, de 0,102 (v. plus haut § 10).

Longueur de l'humérus 0,068
„ du cubitus. 0,073
„ du radius 0,070
„ du métacarpien du second doigt 0,035
„ de la première phalange du doigt médian. 0,017
„ de la seconde phalange du même doigt. 0,015 (v. § 11).
„ du fémur 0,043
„ du tibia . . . . 0,099 [2])

[1]) Toutes les mesures sont exprimées en parties du mètre.

[2]) Dans les Sternes le tibia est plus court que l'humérus, et le cubitus surpasse tous les autres os en longueur.

Longueur du tarso-métatarsien	0,089
„ du métatarsien du pouce	0,005
„ des deux phalanges du pouce avec l'ongle	0,016
„ du doigt antérieur interne	0,034
„ du doigt antérieur médian	0,042
„ du doigt antérieur externe	0,036

Dans cette longueur des doigts est comprise, comme pour le pouce, celle de l'ongle qui recouvrait la dernière phalange.

14. Il ne peut guère y avoir de doute que le genre *Dromas* ne doive être rangé parmi les Échassiers, et telle est aussi l'opinion de M. Blyth. Mais, dans ce groupe, il n'a presque rien de commun avec les *Ardea*. Il se rapproche davantage des *Haematopus*. En ce qui concerne le crâne, parmi tous les crânes d'oiseaux qu'il m'a été donné de voir, je n'en ai trouvé aucun qui eût plus de rapports avec le crâne du *Dromas* que celui de *l'Haematopus ostralegus* [1]). Il me semble que dans la distribution naturelle des oiseaux les genres *Haematopus* et *Dromas* doivent être placés à peu de distance l'un de l'autre, et qu'il convient même de les laisser en contact immédiat, aussi longtemps qu'on n'aura pas trouvé quelque genre intermédiaire, inconnu jusqu'ici.

---

[1]) Il ne me paraît guère nécessaire de décrire ici le squelette de *l'Haematopus*. Il y a 42 vertèbres, 20 situées en avant du bassin, dont 12 cervicales. Le tibia, de même que l'os tarso-métatarsien, est plus court que chez le *Dromas*, et tout le squelette est plus robuste; mais la forme des différentes parties est assez semblable. On peut consulter sur le squelette de *l'Haematopus* ce qui en a été dit par Nitzsch dans: Naumann, *Vögel Deutschlands*, VII, p. 323, 324; on trouvera également quelques détails, rassemblés par M. Owen, dans le Catalogue de la partie ostéologique du Musée des Chirurgiens à Londres (*Descriptive Catalogue of the osteological Series, contained in the Museum of the Royal College of Surgeons of England*, London 1853, 4o.) I, p. 249.

LEYDE. Mai 1866.

LA VITESSE DES ACTES PSYCHIQUES,

PAR

F. C. DONDERS.

PREMIÈRE PARTIE.

Les phénomènes psychiques se distinguent des autres modes d'activité par un caractère essentiel et qui ne laisse guère d'espoir de les ramener jamais sous la grande loi de la conservation du travail, qui tend aujourd'hui à dominer l'explication de toutes les forces naturelles: ces phénomènes ne se laissent ni mesurer ni peser, et nous ne connaissons pour le sentiment, l'intelligence et la volonté aucune unité à l'aide de laquelle on puisse les exprimer en chiffres. La seule question que la physiologie ait à se poser est celle-ci: quelle est la nature des actions qui se passent dans le cerveau pendant que nous sentons, pensons et voulons?

Ce n'est pas à dire, toutefois, que toute détermination quantitative soit interdite à l'égard des opérations psychiques. Un facteur semble susceptible de mesure, savoir, le temps qui est nécessaire pour les actes psychiques simples. Or, l'évaluation de ce temps ne paraît pas sans importance pour décider si nous sommes en droit d'appliquer dans chaque cas particulier la relation fonctionnelle établie en général, en d'autres termes, si nous pouvons admettre qu'à la spécialité de chaque sensation particulière, de chaque notion distincte, de chaque volition élémentaire, est liée une différence correspondante de l'action du cerveau. Depuis longtemps j'avais essayé d'exécuter les déterminations quantitatives dont il s'agit, et depuis 1865 j'ai fait connaître, dans différents écrits et par quelques conférences populaires, les prin-

cipaux résultats obtenus ainsi que les méthodes employées. Les expériences ayant été continuées, de nouveaux matériaux se sont accumulés dans mes mains, et le temps me manquant pour les mettre convenablement en œuvre, je me bornerai, pour le moment, à communiquer d'une manière succincte les choses essentielles. Pour rendre cet exposé plus clair, je rejetterai à la fin, sous forme de notes, différents détails relatifs aux méthodes, aux résultats particuliers, etc.

Il y a 25 ans à peine, le temps exigé pour qu'un nerf excité transmette son action au cerveau et pour que le cerveau fasse parvenir ses ordres aux muscles, était regardé comme „infiniment petit''. Jean Müller, le premier des physiologistes de son époque, non-seulement nommait la vitesse de transmission dans les nerfs une grandeur inconnue, mais allait jusqu'à prédire que les moyens de trouver cette vitesse nous feraient toujours défaut. Et pourtant, peu après, en 1845, M. du Bois-Reymond esquissa dans ses traits généraux le plan d'expériences pouvant conduire à cette détermination, et dès 1850 M. Helmholtz mit ce plan à exécution.

La méthode était simple. M. Helmholtz irritait les nerfs des muscles successivement en deux points situés, l'un à proximité, l'autre à une certaine distance de l'entrée du nerf dans le muscle, et il déterminait pour chaque cas le temps qui s'écoulait avant la contraction du muscle. La différence des deux temps indiquait la durée de la transmission le long de la partie du nerf comprise entre les deux points irrités; on trouva de cette manière que la vitesse de propagation ne s'élevait pas à plus de 100 pieds par seconde. — C'est une vitesse que beaucoup d'oiseaux dépassent dans leur vol, dont les chevaux de course approchent, et que notre main peut atteindre dans les mouvements les plus rapides du bras.

Ce résultat avait été obtenu sur des grenouilles. Chez les animaux à sang chaud, et en particulier chez l'homme, la méthode employée n'était pas applicable. Ici, M. Helmholtz suivit une autre voie. Il irrita la peau successivement en deux points placés à des distances différentes du cerveau, et à chaque irritation

perçue il réagit, aussi rapidement que possible, par un signal déterminé, par exemple par un mouvement de la main. On notait le temps écoulé dans les deux cas entre l'irritation et le signal, et la différence était regardée comme représentant la durée de transmission pour la différence de longueur des nerfs sensitifs: cette différence de longueur était en effet le seul élément par lequel les deux expériences paraissaient se distinguer. On trouva ainsi chez l'homme une vitesse de transmission d'environ 200 pieds par seconde, c'est-à-dire le double de celle qui avait été obtenue pour les nerfs de la grenouille.

On voit aisément que cette méthode n'était pas irréprochable. D'abord, il est difficile de faire agir le stimulus avec une force égale sur des points différents de la peau, et il a été prouvé qu'en cas d'inégalité de force le temps physiologique n'est plus exactement le même. Mais, en outre, la méthode suppose que la durée des phénomènes qui se passent dans le cerveau est tout à fait indépendante de l'endroit où le stimulus se fait sentir. A priori déjà, cela n'est guère probable. En pénétrant successivement de deux côtés dans une chambre, pour y exécuter l'une ou l'autre chose, il y a peu d'apparence qu'on mette, dans les deux cas, un temps rigoureusement égal à sortir par une troisième porte. Or, la différence de durée des phénomènes cérébraux est, évidemment, mise en entier sur le compte de la vitesse de propagation. Il n'y a donc pas lieu d'être surpris qu'en répétant ces expériences, d'après la même méthode, on ait obtenu des résultats très divergents. Du reste, nous n'avons pas à mentionner ces résultats. Récemment, en effet, on a réussi à déterminer la vitesse de transmission dans un nerf moteur, chez l'homme, d'une manière aussi simple et aussi exacte que chez la grenouille, c'est-à-dire avec exclusion totale de l'acte psychique dont le cerveau est le siège. C'est encore M. Helmholtz [1]) qui a tracé la voie. Il irrita les nerfs des muscles du pouce de la souris, successivement au pouls et au-dessus du pli du coude, pendant

[1]) *Königliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 29 avril 1867.

[2]) *Zeitschrift f. ration. Medizin*, 1868, XXXI, p. 112 et suiv.

que le coude, l'avant-bras et la main étaient maintenus immobiles dans un moulé en plâtre; dans les deux cas, les muscles en question se contractèrent et l'instant de la contraction put être enregistré par un levier sur le myographion. Le résultat obtenu est fort satisfaisant; on trouva, avec de très petits écarts, une vitesse de transmission de 33 mètres par seconde, c'est-à-dire de bien peu supérieure à celle qu'ont donnée les nerfs de la grenouille.

Par cette détermination directe, toutes les expériences faites sur les nerfs sensitifs, avec intervention de l'action cérébrale, sont renvoyées au domaine de l'histoire, — et l'on sait ce que cela veut dire. M. von Wittich [2]) voudrait bien encore faire valoir pour les nerfs sensitifs la vitesse un peu plus grande qu'il a trouvée. Mais il faut y renoncer: l'analogie entre les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs est trop parfaite sous tous les rapports, pour que la vitesse de transmission donnée, par des méthodes douteuses, pour ceux-là, puisse être maintenue vis-à-vis des déterminations certaines relatives à ceux-ci. J'examinerai peut-être plus tard, jusqu'à quel point les nombreuses expériences du même genre que j'ai exécutées sur plusieurs personnes, permettent quelques déductions à l'égard d'une différence de durée de la transmission cérébrale suivant la différence des points irrités.

Ainsi, la vitesse de propagation dans les nerfs est connue, et la prédiction de Jean Müller a reçu un démenti éclatant. Il est à remarquer que c'est la théorie qui a donné le courage de s'attaquer à la solution d'un problème déclaré insoluble. On est parti de l'idée théorique que la propagation ne devait pas être considérée comme celle d'une force progressive ou mouvement, mais plutôt comme la reproduction en chaque point d'une action chimique et, par suite, électro-motrice; et c'est cette idée qui a conduit à présumer que la transmission nerveuse pourrait bien ne pas avoir une rapidité excessive, et que le peu de longueur des nerfs ne mettrait pas un obstacle absolu à la détermination empirique.

I.

La pensée n'aurait-elle pas non plus la vitesse infinie qu'on lui attribue habituellement, et serait-il possible de mesurer le temps nécessaire pour la formation d'une idée ou pour une détermination de la volonté?

Cette question m'a occupé depuis plusieurs années. J'ai décrit plus haut la méthode employée pour la recherche de la vitesse de propagation dans les nerfs sensitifs. La durée qui, dans ces expériences, s'écoule entre l'irritation et le signal comprend aussi un acte psychique déterminé. Il en est de même des expériences où le stimulus agit sur l'un des autres organes des sens. Les premières recherches comparatives sur ce sujet sont dues à M. Hirsch, l'astronome bien connu de Neufchâtel. Ce savant a donné le nom de *temps physiologique* à la durée qui sépare l'irritation du signal, et il a trouvé que pour un même signal, un mouvement de la main par exemple, le temps physiologique est le plus court après une irritation appliquée à la peau (bien entendu dans le voisinage du cerveau), plus long après une stimulation auditive et le plus long après une stimulation visuelle. En général, ce résultat a été confirmé par les travaux postérieurs. A l'aide de l'ensemble des expériences connues, — y compris celles faites par moi et par mes élèves, — j'ai calculé que pour les trois sens nommés, le tact, l'ouie et la vue, le temps physiologique est respectivement à peu près de $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{6}$ et $\frac{1}{5}$ de seconde.

Mais, quelle est la fraction de ce temps qui appartient à l'acte psychique proprement dit? A cet égard nous sommes dans une ignorance complète. Dans ce temps si court il doit se passer bien des choses. En suivant le phénomène depuis l'instant de l'irritation jusqu'à celui du signal, nous avons à distinguer :

1° l'action sur les éléments impressionables des organes des sens;

2° la communication aux cellules ganglionnaires périphériques

et l'accroissement d'action (la „*Schwelle*" de Fechner) nécessaire pour la décharge;

3° la transmission par les nerfs sensitifs jusqu'aux cellules ganglionnaires de la moëlle;

4° l'action croissante dans ces cellules ganglionnaires;

5° la transmission jusqu'aux cellules nerveuses de l'organe de perception;

6° l'action croissante dans ces cellules nerveuses;

7° l'action croissante des cellules nerveuses de l'organe de la volonté;

8° la transmission jusqu'aux cellules nerveuses motrices;

9° l'action croissante dans ces cellules;

10° la transmission par les nerfs moteurs jusqu'au muscle;

11° l'action latente dans le muscle;

12° l'action croissante nécessaire pour vaincre la résistance du signal.

La série totale de ces actions ne demande que $\frac{1}{7}$ de seconde, et comme minimum on a même trouvé $\frac{1}{9}$ de seconde. Quant au temps exigé pour chaque terme distinct de la série, il n'y aucun moyen de le déterminer. La vitesse de propagation dans les nerfs est la seule dont nous puissions tenir compte approximativement; nous arrivons ainsi à ce résultat, que l'acte psychique de la perception et de la volition dure moins de $\frac{1}{10}$ de seconde, mais nous ne sommes pas même en droit d'affirmer qu'il dure plus de 0. La vérité est, que ces expériences ne nous font connaître que la limite maximum, et laissent la limite minimum absolument indéterminée.

Dans cet état de choses, l'idée m'est venue d'intercaler dans la série du temps physiologique de nouveaux termes d'action psychique; en recherchant de combien le temps physiologique se trouvait prolongé par cette addition, je devais parvenir à connaître, me semblait-il, la durée du terme intercalé.

Les premières déterminations faites d'après cette méthode furent communiquées à l'Académie des Sciences d'Amsterdam, dans la séance du 24 juin 1865. (Voir *Note* 1).

Dans la première série d'expériences, des électrodes semblables furent placées sur les deux pieds; la disposition adoptée permettait de diriger à volonté (par le mouvement de bascule d'un commutateur de Pohl) un choc électrique sur le pied droit ou sur le pied gauche. Les expériences se firent de deux manières: *a.* on savait d'avance sur quel pied le choc allait agir, et le signal était donné par la main du même côté; *b.* on ne savait pas quel pied devait recevoir l'irritation, et l'on était encore tenu de donner le signal par la main du côté irrité. Dans le second cas le temps exigé était plus long que dans le premier, et la différence représentait le temps nécessaire pour se rendre compte de quel côté l'irritation avait eu lieu, et pour diriger à droite ou à gauche, conformément à la notion acquise, l'action de la volonté. Sous tous les autres rapports, la série des phénomènes était la même dans les deux cas. On trouva que l'action psychique ainsi intercalée exigeait, calculée d'après les moyennes, $\frac{1}{15}$ de seconde [1]). Il avait été reconnu préalablement que l'exécution du signal par la main gauche durait 0,009 seconde de plus que par la main droite, et on avait eu égard à cette différence.

Telle fut la première détermination de la durée d'un acte psychique bien circonscrit. Il s'agissait de la solution d'un dilemme et d'une action correspondante de la volonté.

Le même mode d'expérimentation fut appliqué à l'action des stimulants de l'organe de la vue. Le temps physiologique fut déterminé, et pour la réaction simple sur la lumière, et pour la réaction différentielle sur la lumière rouge et sur la lumière blanche. Dans ces dernières expériences, le signal devait être donné avec la main droite pour la lumière rouge, avec la main gauche pour la lumière blanche. La solution du dilemme, avec signal conforme, demanda plus de temps que dans les expériences précédentes; la moyenne générale, observée sur 5 personnes,

[1]) Voir la thèse de M. de Jaager: *De physiologische tijd der psychische processen.* Lors de ce travail, dont j'avais donné le plan et qui fut exécuté sous ma direction, la méthode n'était pas encore assez exacte pour qu'on pût avoir confiance dans la différence des minima. (Comp. *Note* 2.)

s'éleva à 0,154 sec.; la plus petite moyenne, 0,122 fut donnée par M. Place; la plus grande, 0,184, provint de moi-même, dont l'âge était le double de celui des autres observateurs. Je reviendrai plus loin sur la cause de la différence qu'on trouve suivant que l'irritation s'adresse à la peau ou à l'œil.

Fig. 1



Dans ces expériences le signal était donné à la main. Plus tard, j'exécutai une autre série d'épreuves, où le stimulus était fourni par certains signes littéraux qu'on découvrait ou qu'on éclairait subitement par une étincelle d'induction, et où le signal consistait dans l'émission du son propre à la lettre rendue apparente; ici l'acte psychique intercalé exigea, calculé d'après les moyennes, 0,166 ($\frac{1}{6}$ sec.), et, calculé d'après les minima, 0,124 ($\frac{1}{8}$ sec.). — Cette méthode se prêtait, par extension, à d'autres expériences où c'était, non plus entre deux, mais entre cinq signes de voyelles, qu'il fallait en reconnaître un, pour l'énoncer ensuite comme son. J'ai fait de cette manière, à des jours différents, jusqu'à 5 séries d'observations, dont le résultat a été que le choix plus complexe entre cinq signes demande réellement un peu plus de temps que le choix entre deux, savoir, 0,170 quand on considère les moyennes, et 0,163 quand on prend les minima (*Note* 2).

Enfin les mêmes expériences furent répétées pour une impression reçue par l'oreille. L'impression était fournie par le son d'une voyelle, et le signal consistait dans la reproduction de ce même son. Deux personnes, A et B, sont assises devant le phonautographe. Pendant qu'on tourne le cylindre, A énonce une voyelle, que B doit répéter aussi promptement que possible. Pour les deux sons, le commencement de la vibration se marque sur la ligne P (V. la fig. 1), en des points *a* et *b*, et le tracé parallèle S des vibrations du diapason permet de conclure l'intervalle de temps qui s'est

écoulé entre l'émission des deux sons. On procéda de deux manières différentes : *a.* tantôt on connaissait d'avance la voyelle qu'on allait entendre, et on avait simplement à réagir, aussi rapidement que possible, par le même son; *b.* tantôt on ignorait quelle voyelle serait émise, et il fallait par conséquent se rendre compte du son entendu, pour le reproduire comme signal. Dans mes premières expériences, faites de concert avec M. de Jaager, je répondis, en moyenne, après 0,180 sec. lorsqu'il s'agissait d'un son connu, *ki*, et après 0,268 lorsque le son n'était pas connu d'avance; la différenee est de 0,088. M. de Jaager, bien qu'obtenant des nombres plus grands, surtout au commencement, arriva à la même différence de 0,088. — Plus tard, dans sept séries, où j'avais à reproduire le signal, je trouvai en moyenne 0,201 sec. pour un son connu, et 0,284 pour un son inconnu, par conséquent une différence de 0,083 (environ $\frac{1}{12}$ sec.); calculée d'après les minima, cette différence se réduisait à 0,067 (environ $\frac{1}{15}$ sec.). Dans quatre autres séries, où j'avais à répéter, soit un son connu d'avance, soit un son inconnu mais faisant partie de *deux* sons connus, la répétition du son connu exigea encore moins de temps (0,184) que dans les expériences précédentes, et la prolongation pour le son inconnu ne s'éleva, d'après les moyennes, qu'à 0,056 ($\frac{1}{18}$ sec.), et d'après les minima, qu'à 0,0615 ($\frac{1}{16}$ sec.).

Chez trois autres personnes, d'âge diffèrent mais en général peu avancé, des expériences avec cinq sons vocaux donnèrent, pour un son inconnu, une prolongation qui s'élevait respectivement à 0,088, 0,087 et 0,069 sec. C'est là, réellement, un accord remarquable.

Récapitulant maintenant les résultats obtenus, on trouve que la perception distinctive et l'exécution du signal correspondant demandent :

	secondes.
1°. En cas de stimulation *cutanée*, — dilemme, d'après les moyennes	0,066
2°. En cas de stimulation *visuelle :*	

secondes.

a. deux couleurs, dilemme, chez cinq personnes,

d'après les moyennes 0,184

„ „ „ 0,122

„ „ „ 0,159

„ „ „ 0,134

„ „ „ 0,172

b. deux signes de voyelles, dilemme,

d'après les moyennes 0,166

„ „ minima 0,124

c. cinq signes de voyelles,

d'après les moyennes 0,170

„ „ minima 0,163

3°. En cas de stimulation *auditive :*

a. deux sons de voyelles,

d'après les moyennes 0,056

„ „ minima 0,0615

b. cinq sons de voyelles, chez moi-même,

expériences antérieures, d'après les moyennes. 0,088

expériences postérieures, „ „ „ 0,083

„ „ „ „ minima . . 0,067

Idem, chez quatre autres personnes,

d'après les moyennes 0,088

„ „ „ 0,069

„ „ „ 0,087

„ „ „ 0,088

Quelques-unes de ces différences attirent de suite l'attention. D'abord: pourquoi le dilemme posé demande-t-il moins de temps en cas de différence de son (0,56) qu'en cas de différence de couleur (0,122)? — La réponse est: que le signal à donner quand il s'agit d'un son, simple imitation du son entendu, est devenu, par l'exercice, naturel, plus naturel que le signal purement conventionnel, avec la main droite ou la main gauche, par lequel on répond à une différence de couleur. Aussi, pour ce dernier, un exercice prolongé permet-il d'obtenir une rapidité

plus grande. Pour l'imitation de sons vocaux, au contraire, le maximum de vitesse était déjà suffisamment atteint, ainsi que l'expérience l'a prouvé; et, par conséquent, les valeurs trouvées de cette manière font connaître immédiatement le minimum de temps nécessaire pour la solution d'un dilemme simple, avec détermination correspondante de la volonté : $\frac{1}{18}$ de seconde. — Dans le cas d'irritation cutanée, bien que le signal à donner (mouvement de la main droite ou de la main gauche) fût conventionnel, comme pour l'irritation visuelle, le même acte psychique intercalé n'exigea pourtant que $\frac{1}{15}$ ou 0,66 sec., c'est-à-dire guère plus qu'avec le signal vocal rendu familier par l'exercice. Ce résultat n'a d'ailleurs rien d'étrange. A une irritation du côté droit nous avons fait répondre avec la main droite, à une irritation à gauche, avec la main gauche. Or, cela est évidemment conforme à une tendance née de l'habitude ou de l'exercice; car lorsqu'on demandait un mouvement de la main droite en cas d'irritation du côté gauche, ou vice-versâ, le temps était plus long et on se trompait assez fréquemment. — Encore une dernière remarque. Pour reconnaître un signe vocal et produire le signal correspondant, il faut environ le double du temps nécessaire pour distinguer un son vocal et opérer la réaction conforme; et pourtant, nous sommes certainement aussi exercés à voir et à prononcer des signes vocaux, qu'à entendre et à répéter des sons vocaux. Ce résultat m'a beaucoup frappé. La cause peut se trouver dans différents termes de l'action complexe; je crois toutefois devoir la chercher dans les termes purement psychiques. Ainsi que je l'ai déduit de l'ensemble des observations faites sur plusieurs personnes, la réaction sur la lumière exige habituellement un peu plus de temps que la réaction sur le son. Néanmoins, en réunissant les résultats, obtenus sur moi-même, de 8 séries d'expériences de réaction sur la lumière, et de 12 de réaction sur le son, je trouve pour les unes et les autres une valeur égale, savoir :

pour les premières, 0,1953 sec.
pour les secondes, 0,1952 sec.

Un accord aussi parfait est naturellement fortuit, d'autant plus que c'étaient tantôt les voyelles simples, tantôt les voyelles précédées d'une consonne explosive, qui servaient de signal, et que les temps physiologiques diffèrent un peu en raison de cette circonstance (*Note* 3). Mais, en tout cas, il ressort de ces résultats, que, pour moi, les temps physiologiques relatifs au son et à la lumière ne s'écartent pas notablement l'un de l'autre. Je crois aussi pouvoir admettre que la distinction de deux couleurs se fait aussi rapidement que celle de deux sons, et que la réaction consécutive à la distinction de celles-là pourrait, à l'aide d'un exercice suffisant, être ramenée au même temps que la réaction succédant à la distinction de ceux-ci. Il me semble donc, que la raison de la particularité signalée ci-dessus doit être cherchée dans la forme du signe, laquelle n'est pas saisie par l'âme aussi promptement que le son. Pour se rendre compte de cette différence, il faut analyser d'un peu plus près l'impression du son et celle de la forme du signe. L'impression sur la rétine est très complexe. Nombre d'éléments impressionables, subitement frappés, transmettent au cerveau, chacun avec son signal local propre, l'impression reçue, et concourent ainsi à y construire la notion de la forme. Ces éléments frappés sont tout autres lorsque le signe est grand que lorsqu'il est petit, et pourtant un A reste toujours un A, un I toujours un I. En outre, une légère déviation de la ligne visuelle fait tomber l'image entière du signe littéral sur d'autres éléments de la rétine. La perception de la forme est donc nécessairement un phénomène très compliqué, et nous ne devons pas être surpris qu'elle exige plus de temps que celle d'une impression lumineuse en général, ou même que celle d'une couleur, impression qui agit sur des éléments rétiniens déterminés ou représente seulement une énergie particulière. Pour une opération semblable, et en ajoutant le temps nécessaire pour la volition distinctive, 0,16 sec. n'est pas, relativement, une durée bien longue. — D'un autre côté, comment se forme la notion du son? Pour beaucoup de sons, le phénomène ne sera guère moins complexe que pour des formes de petites dimensions et

éclairées momentanément. En effet, les sons ordinaires se composent d'un grand nombre de vibrations partielles, qui affectent également des fibres nerveuses distinctes, et pour chaque hauteur de ton c'est de nouveau un tout autre système de fibres qui reçoit l'impression; la seule circonstance qui semble rendre le phénomène plus simple est la liaison entre les vibrations partielles, lesquelles, pour chaque hauteur de ton, reproduisent ce qu'on appelle les harmoniques. Mais, si l'opération est si complexe pour les sons en général, il n'en est pas de même pour les sons de voyelles. Pour chaque voyelle, ainsi que je l'ai montré il y déjà 10 ans, la cavité buccale est montée à un ton absolu, quel que soit d'ailleurs le diapason auquel le son est émis par la voix; il résulte de là que chaque voyelle a ses tons supérieurs absolus, qui restent presque invariables. Dans le son d'une même voyelle, quel qu'en soit le diapason, ce sont donc en partie les mêmes tons qui se produisent, les mêmes fibres nerveuses qui se trouvent irritées, et qui par suite, lorsqu'on est dans l'attente d'un son de voyelle, caractérisent celui-ci immédiatement; et voilà pourquoi la perception du timbre d'une voyelle ne suppose pas une opération aussi complexe que celle que paraît exiger la recognition du signe de cette voyelle.

Après la mesure de la durée nécessaire, à la fois, pour la distinction entre deux ou un plus grand nombre d'impressions et la volition distinctive correspondante, se présentait naturellement la question s'il ne serait pas possible de déterminer séparément le temps afférent à chacun des deux termes de l'acte psychique.

Il me sembla qu'on approcherait du but en posant la condition: qu'une seule irritation serait suivie du signal, toutes les autres devant être négligées.

Ainsi, étant prévenu que des voyelles seront prononcées, sans indication plus précise, on se propose de ne répondre qu'à une seule voyelle, à l'*i* par exemple, et de garder le silence pour toutes les autres. On tend alors tout son effort vers la recognition de l'*i*, et on tient toutes les parties de l'appareil vocal dans la position appropriée, de façon à n'avoir, aussitôt l'*i*

reconnu, qu'à pousser l'haleine pour produire le son correspondant; — exactement comme lorsqu'on a à réagir par *i*, sachant que *i* va être entendu. Dans cette manière d'opérer, il n'y a donc plus de choix à faire pour le signal; la distinction, la recognition de l' *i* est le seul terme qui vient s'intercaler dans l'acte ordinaire. Et, effectivement, on trouve qu'il faut pour cela moins de temps que pour répondre à chaque son de voyelle par le son semblable. Des nombreuses expériences que j'ai effectuées d'après cette méthode, je ne citerai ici que les résultats de trois séries, exécutées le même soir, et dans un ordre tel que la fatigue à laquelle elles pouvaient donner lieu fût répartie également sur les trois modes d'expérimentation:

a. par réaction sur un son connu.
b. „ „ „ des sons inconnus.
c. „ „ „ un seul des sons inconnus.

Pour chacun de ces modes on nota la durée moyenne et la durée minimum:

millièmes de seconde.

pour *a.* la durée moy. s'éleva à 201, le minimum à 170,5
b. „ „ „ „ „ 284, „ „ „ 237,5
c. „ „ „ „ „ 237, „ „ „ 212,6

On en déduit:

	d'après les moyennes	d'après les minima	en moyenne.
$b - a =$	83	67	75
$c - a =$	36	42	39

On voit que dans ces expériences le temps exigé pour la recognition d'un son déterminé (excès de la durée *c* sur la durée *a*) ne fut que d'un peu plus de la moitié du temps nécessaire pour cette même recognition combinée avec la volition distinctive correspondante. Le développement de la notion prend chez moi 0,039, c'est-à-dire presque $\frac{1}{25}$ de seconde, et la volition ne demande guère moins, savoir, un peu plus de $\frac{1}{28}$ de seconde. J'ai rapporté plus haut les résultats obtenus par d'autres personnes, auxquelles un temps moindre suffisait pour l'opération combinée. Il est probable que chez celles-là aussi le temps se sera

partagé à peu près également entre les deux termes. Cela ne ressort pourtant pas clairement des déterminations faites par ces personnes d'après la méthode *c*. J'ai reconnu que pour beaucoup d'individus la méthode *c* présente certaines difficultés. Ils donnent le signal là où ils auraient dû s'abstenir. Et quand cela arrive, ne fût-ce qu'une seule fois, la série entière doit être rejetée: car qu'est-ce qui nous garantit alors, que, dans le cas où le signal devait être exécuté et le fut en effet, on ait dûment attendu jusqu'à ce que la distinction eût été faite avec certitude? En outre, comme on ne donne à entendre que de temps en temps celui des sons vocaux qui appelle une réponse, cette méthode offre l'inconvénient de laisser sans emploi la plupart des révolutions du cylindre. Pour ces motifs, j'attache beaucoup de valeur aux résultats, rapportés ci-dessus, de trois séries d'expériences instituées sur moi-même, en appliquant les trois méthodes pour chaque série, et dans des conditions qui furent reconnues irréprochables. (*Note* 4).

Toutefois, on pourrait douter encore, si, en opérant comme il a été dit, on mesure bien réellement le temps tout entier exigé pour une perception déterminée. Ne trouve-t-on pas plutôt l'excès seulement de la durée, nécessaire pour se rendre compte de la nature d'un son vocal, sur la durée nécessaire pour se rendre compte de la simple audition ? A cette question je réponds négativement. Quiconque a fait l'expérience sait que, là où il ne s'agit que d'une réaction en général, le signal est lâché, sans qu'on se rende compte de la nature de l'impression. Quand on est dans l'attente soutenue d'un phénomène lumineux, on réagit aussi, involontairement, sur un son, ou *vice-versâ*, et de même sur un coup, sur un choc électrique, en un mot sur chaque impression forte. On ne reste pas impassible jusqu'à ce qu'on entende, mais seulement jusqu'à ce qu'on appréhende, et dans la méthode suivie on trouve par conséquent le temps qui s'écoule entre la première appréhension et la perception parfaite de la nature du son entendu, c'est-à-dire, le temps nécessaire pour la formation d'une notion déterminée.

Les mêmes expériences, d'après la méthode *c*, ont été faites

en employant comme stimulant la *vision* de signes de voyelles. Le temps exigé pour la recognition fut trouvé relativement court, à peine plus long que quand il s'agit du son de voyelles. Ce résultat est certainement remarquable, lorsqu'on réfléchit que pour distinguer des signes de voyelles il faut, ainsi que nous l'ont appris les expériences d'après les méthodes *a* et *b*, beaucoup plus de temps que pour distinguer des sons de voyelles. Pourtant, je crois qu'il n'est pas impossible de s'en rendre compte. Lors des expériences d'après la méthode *c*, on ne pouvait rien préjuger au sujet de l'impression qui serait reçue; et même on devait s'en abstenir avec soin, afin d'être prêt à réagir avec la même rapidité, quel que fût le signe de voyelle qu'on verrait apparaître. Dans cet état mental, la distinction demandait un temps relativement long. Au contraire, lors des expériences d'après la méthode *c*, dont il est ici question, tous les signes de voyelles pouvaient bien encore se montrer, mais on n'avait à réagir que sur un seul de ces signes, et on devait rester passif pour tous les autres; on pouvait donc, et même on devait avoir présente à l'esprit l'idée de ce signe spécial, afin de donner, immédiatement après avoir constaté l'identité entre l'impression et l'idée, le signal pour la production duquel la disposition mécanique des organes était tenue toute prête. Des expériences dont le résultat a été communiqué ailleurs [1]) ont mis en pleine évidence la grande influence de l'idée préexistante sur la recognition des formes.

L'expérience d'après la méthode *c* peut encore être appliquée à d'autres irritations, telles que des chocs électriques sur la peau, mais, dans ce cas, seulement par rapport à un dilemme posé. On n'est pas non plus borné à l'emploi d'un son comme signal. On peut en effet, au moment où l'on entend, soit un son quelconque, soit le son de voyelle unique dont on est convenu d'avance, faire un mouvement avec la main, et la différence donne alors de nouveau le temps nécessaire pour une perception déterminée; mais, dans cette manière d'opérer, la comparaison avec réaction

[1]) *Archief voor natuur- en geneeskunde*, T. II, pag. 332 et suiv.

différentielle sur chacun des sons se trouve exclue, et les expériences n'auraient pas répondu au but qu'on se proposait, si l'idée ne m'était venue d'employer comme signal l'enregistration des sons.

Tous les résultats rapportés ci-dessus ont été obtenus au moyen de l'appareil que j'ai décrit sous le nom de noématachographe [1]). En cherchant à pousser plus loin l'analyse de la durée des actes psychiques, j'ai été conduit à une méthode qui repose sur un tout autre principe que celle dont il vient d'être question, et dans laquelle on fait usage de l'instrument que j'ai fait connaître sous le nom de noématachomètre. Je communiquerai plus tard les résultats que cette nouvelle méthode a fournis.

NOTES.

Note I. J'ai eu recours pour mes déterminations à la méthode graphique. Elle est simple, sûre, facile à appliquer, et assez exacte pour notre but. S'il s'agissait de mesurer des grandeurs absolues, invariables, il faudrait, sans doute, tendre vers le plus haut degré d'exactitude. Pour la durée un peu inconstante des actes psychiques, une évaluation en millièmes de seconde est suffisante, et nous ne devons pas sacrifier la simplicité et la sûreté, à une précision supérieure, mais illusoire.

Dans ces expériences, trois points appellent l'attention:

1°. Nous avons besoin d'une unité chronoscopique exactement connue. Cette unité, nous la trouvons dans les vibrations enregistrées d'un diapason. La rapidité de vibration des diapasons employés a été déterminée directement, en enregistrant simultanément leurs vibrations et les secondes d'une horloge, et la légère influence de la température a été déduite de la variation du nombre des battements auxquels donnait lieu un autre diapason maintenu à une température fixe.

2°. L'instant de l'irritation doit être enregistré avec précision au-dessous de la ligne tracée par le diapason ou sur cette ligne même.

Suivant la diversité des expériences, on y parvient de différentes manières.

Lorsqu'on fait passer une étincelle d'induction, du petit ressort métallique traçant du diapason, à travers le papier, sur le cylindre, l'instant précis se marque sur la ligne chronoscopique. Il est facile de disposer les choses de telle sorte que l'étincelle soit, à volonté, seulement vue, ou seulement entendue, ou (en faisant passer une petite partie de la décharge à travers le corps) seulement

[1]) *Archief voor natuur- en geneeskunde*, T. III, pag. 105; *Arch. néerl. des sc. ex. et nat.*, T. II, pag. 247.

sentie. On peut ainsi déterminer le temps physiologique *alternativement* par réaction sur chacun des trois sens. Pour que l'ouverture du courant constant, laquelle est produite pendant et par la rotation du cylindre, ne donne lieu qu'à une seule étincelle, il faut introduire dans le circuit d'induction un micromètre à étincelles, dont les boutons soient éloignés presque jusqu'au maximum de la distance de décharge. L'étincelle en question peut également servir à décider, en la regardant directement ou à travers un verre coloré, le dilemme de la différence de couleur, ou à reconnaître des signes littéraux éclairés par l'étincelle, etc.: toujours, au moment même où l'étincelle jaillit entre les boutons du micromètre, le signe s'inscrit sur la ligne chronoscopique. — Dans mes expériences antérieures, la méthode n'avait pas encore ce degré d'exactitude.

Un son vocal, qui frappe l'oreille, peut aussi mettre en vibration, — au même instant que la membrane du tympan, lorsque les distances sont égales, — le style enregistrant du phonautographe de M. Scott-König, ou celui d'un appareil plus simple que M. König a construit pour moi. Ce style trace, au-dessous de la courbe chronoscopique, une ligne droite, jusqu'à ce qu'il entre en vibration par le son vocal: l'instant de l'irritation est ainsi indiqué nettement.

3°. Le signal de réaction doit également être noté avec précision sur ou sous la ligne chronoscopique. Les électro-aimants ordinairement employés pour cela, avec leur retard variable suivant la force du courant, ont été entièrement abandonnés dans mes expériences postérieures. Le mouvement, qui constitue le signal, est noté sans l'intermédiaire d'aucun mécanisme, Une petite tige de bois très légère, verticale, mobile sans frottement sensible autour de son axe longitudinal, porte à son extrémité supérieure un petit style horizontal, écrivant sur le cylindre, et près de son extrémité inférieure un appendice horizontal qui, tenu entre deux doigts, peut être chassé latéralement et fait dévier, au même instant, le ressort traçant: lorsqu'il s'agit de résoudre un dilemme, il suffit de convenir d'avance que la tige sera chassée à droite ou à gauche.

Pour les sons de voyelles, le signal consiste dans la reproduction du son entendu, laquelle est enregistrée par le phonautographe sur la même ligne où s'est inscrite l'irritation (V. fig. 1). Pour les signes de voyelles, le signal est également donné comme son de voyelle. En réagissant sur une certaine irritation, alternativement par un mouvement de la main et par un son vocal, on trouve la différence de temps qui provient de la différence de signal (Comp. *Note* III).

Le grand avantage qu'offre l'emploi des vibrations du diapason comme unité chronoscopique, c'est qu'on peut tourner le cylindre librement à la main: on trouve la durée du phénomène dans le nombre des ondulations tracées entre l'irritation et le signal, indépendamment de leur longueur, et il n'y a donc pas à se préoccuper beaucoup de l'uniformité de la rotation. Approximativement, la rotation s'achève en une seconde, et à chaque tour on fait une expérience, après laquelle la poignée vient s'arrêter dans la position d'où l'on était parti. Le cylindre dont je me suis servi avait 19 centim. de diamètre et 25 centim. de

longueur, et il pouvait être employé, à volonté, avec mouvement spiral ou circulaire. Un seul rouleau suffisait à enregistrer successivement 20 expériences, et même un plus grand nombre. L'expérience tombait toujours vers l'instant où la vitesse de rotation atteignait son maximum, et, à ce moment, pour des vibrations de 261 par 1″, les cinquièmes et mêmes les dixièmes d'une vibration se laissaient encore facilement apprécier. Une série d'expériences étant terminée, on coupe le papier suivant une ligne qui corresponde à peu près au commencement et à la fin de tous les tours, de sorte que, sur la feuille rectangulaire, chaque courbe continue du diapason se rapporte à une expérience particulière. On numérote alors les expériences, et on inscrit près de chacune les observations jugées nécessaires, avant d'opérer le fixage du noir de fumée par le mélange d'alcool et de vernis.

A l'origine. je me servais habituellement d'un diapason de 261 vibrations par 1″, fixé solidement, et qui, au moyen d'un coin serré légèrement entre les branches et relevé subitement, était mis en vibration quelques secondes avant le début de chaque expérience, de sorte qu'on était prévenu que l'irritation ne tarderait pas à suivre. Plus tard, j'ai eu à ma disposition des diapasons, construits par M. König, à mouvement vibratoire entretenu par l'électro-magnétisme, suivant le principe appliqué par M. Helmholtz pour la synthèse des sons de voyelles.

Note II. Pour la durée des actes psychiques, j'ai attaché une importance spéciale aux minima obtenus.

Les différences que nous trouvons dépendent indubitablement, en grande partie, de différences réelles dans la durée des opérations mentales. L'instant de l'irritation est enregistré exactement, de même que celui du signal, et l'erreur probable afférente aux divers termes non psychiques de l'acte, bien que nous ne puissions la préciser suffisamment, n'est certainement pas grande. Nous devons donc accepter simplement les valeurs telles que nous les trouvons, et nous contenter dc la connaissance des maxima, des minima et des moyennes. Pour le moment, je ne veux pas entrer dans l'examen spécial des causes qui expliquent les différences. Seulement, je ferai remarquer que le degré de tension de l'esprit et d'abstraction de toute idée étrangère exerce une grande influence. Une distraction, à l'instant où l'irritation agit, est toujours punie par une prolongation de durée de l'acte. Il est clair, d'après cela, que les minima trouvés constituent les valeurs les plus correctes ; ils représentent la marche la plus régulière, la moins altérée du phénomène. En retranchant de tous les temps observés le minimum, les restes donnent un bon aperçu des écarts de la régularité idéale qui peuvent se produire, et de cet aperçu il ne sera probablement pas impossible de déduire quelques notions au sujet de la raison de ces écarts. — La signification que j'attache aux minima m'a conduit à déterminer toujours, pour deux séries d'expériences qui diffèrent l'une de l'autre par l'intercalation d'un terme psychique, non-seulement la différence des moyennes, mais aussi celle des minima. Sans doute, il serait dangereux de s'en tenir aux minima seuls. La possibilité

existe, lorsqu'on ne maîtrise qu'imparfaitement l'état de tension où l'esprit se trouve, que le signal parte avant l'irritation, et dans ce cas on obtient un minimum trop petit; j'ai vu en effet, chez des expérimentateurs inhabiles, le signal devancer parfois l'irritation. Si, pour éviter ce danger, on fait se succéder les expériences à des intervalles relativement grands, par exemple d'une minute, sans avertir de l'imminence de l'irritation, celle-ci nous trouve souvent moins vigilants, et il devient difficile d'atteindre la limite minima extrême. Même en avertissant un instant avant chaque expérience, de manière que la tension n'ait pas à durer longtemps, il faut un grand nombre d'expériences pour approcher du minimum véritable, et c'est pour cela que les deux séries, dont les minima nous fournissent la différence cherchée, doivent être très grandes ou du moins également grandes. — Je n'ai jamais négligé de déterminer aussi la différence des moyennes. Elles nous préservent de l'erreur grossière à laquelle pourrait entraîner l'emploi irréfléchi des minima. D'ailleurs, leur différence, dans deux séries, représente également la durée du terme psychique intercalé dans l'une des séries. Il était à prévoir toutefois que, pour un même terme, les différences des moyennes seraient un peu plus fortes que celles des minima: en effet, la perturbation qui occasionne l'excès de durée de l'acte pèse aussi sur les termes psychiques, et d'autant plus qu'ils sont plus complexes; elle agit le plus, par conséquent, sur la série dans laquelle un nouveau terme a été intercalé. C'est donc seulement dans les minima de l'acte entier que nous devons nous attendre à trouver le minimum pour ce terme additionnel; en général le résultat a répondu à cette attente.

Note III. Il n'est pas sans intérêt de rechercher quelle est, pour une même irritation, la différence des temps exigés par divers signaux. A cet égard, je puis fournir quelques données relatives à différents sons et au mouvement de la main, données qui reposent sur 91 observations précises, faites à des jours différents et toutes sur moi-même. Le signal répondait, soit à des impressions lumineuses, soit à des impressions acoustiques. Les sons étudiés étaient les voyelles, précédées ou non de consonnes explosives *p*, *t*, *k*. On comparait, par exemple, *pi*, *ti*, *ki* et *i*, — ou plutôt, au lieu de *i* simple, *i* précédé du *hamza* des Arabes, c'est-à-dire émis avec occlusion de la glotte: ce *hamza* (presque un léger son de toux) est aussi, à proprement parler une consonne explosive; mais, dans la plupart des langues, il est négligé, — sauf par les bons professeurs de chant, qui ont beaucoup à lutter contre la poussée du *hamza* quand il s'agit d'attaquer des voyelles avec force. Attaqué à peu près sans *hamza*, le son ne se produit pas assez instantanément pour que le début s'enregistre avec précision. — Le mouvement de la main consistait à retirer un coin à poignée engagé légèrement entre les extrémités des branches du diapason; les vibrations qui en résultaient s'inscrivaient immédiatement, comme celles des sons vocaux, sur le phonautographe. — Je me borne à communiquer le résultat final, exprimé en vibrations de 261 par 1″:

Irritation.	Signal. Voyelle. moy.	min.	Voy. avec *p*. moy.	min.	Voy. avec *t*. moy.	min.	Voy. avec *k*. moy.	min.
Lumière	43,3	41,5	45,1	40,5	53	48	49,3	46,5
〃	50,8	48	52	52	58,7	56	50,8	47,5
Son	50	43,6	58,3	53	53,2	48	61,3	60,7
Lumière	56,8	53,2	56,5	54,5	59,3	53,7	61.2	58,9
moyennes de toutes les séries	50,22	46,57	52,97	50	56,05	51,42	55,65	53,27

On voit que la voyelle précédée de la consonne explosive demande, sans exception, plus de temps que la simple voyelle avec *hamza*, et que *p* donne moins de retard que *t* et *k*, ainsi que le mécanisme pouvait le faire présumer. Le retard, calculé d'après les moyennes et d'après les minima (pour ces derniers il est placé entre parenthèses), s'élève à:

pour *p*.	pour *t*.	pour *k*.
2,75 — (3,43)	5,83 — (4,85)	5,43 — (6,7)

Dans trois séries j'ai pu comparer le signal phonétique avec celui fourni par le mouvement de la main indiqué, et, chaque fois, j'ai trouvé que le mouvement de la main exigeait plus de temps, savoir: dans la première série du tableau, moy. 52,7 et min. 51, c'est-à-dire 9,4 et (9,5) vibrations de plus que pour la voyelle; dans deux autres séries, où la voyelle n'était pas déterminée, 3,95 et (6,63), 4,85 et (6,93) de plus que pour *pi*.

Note IV. Des 51 séries d'expériences qui ont été exécutées, relevées et calculées, j'en communiquerai une *in extenso*, et en outre les résultats de deux autres séries. Dans ces séries, on trouve sur le même rouleau, alternativement, les expériences faites d'après les méthodes *a*, *b* et *c*, c'est-à-dire par réaction sur des sons connus, sur des sons inconnus et sur un seul des sons inconnus. Quand on emploie la méthode *c*, une partie des sons restent toujours sans réponse; le rouleau XVI B, dont je donne ici les résultats en entier, ne présente sur 22 courbes que 15 déterminations, parce que, pour la méthode *a*, par suite d'une distraction, le signal a fait une fois défaut, et que, pour la méthode *c*, il a été retenu six fois, conformément aux exigences de la méthode.

21 Août, le soir à 7 heures; MM. Hamer et Donders devant le phonautographe. H. appelle, D répond. Diapason = 261 vibrations.

Méthode *a*. Son émis *ki*, répondre par *ki*.

Numéro d'ordre.	Irritation.	Signal.	Nombre de vibrations.	
1	*ki*	*ki*	45	moyenne = 51,5
2	*ki*	défaut		
3	*ki*	*ki*	54	
20	*ki*	*ki*	53	minimum = 45.
21	*ki*	*ki*	60	
22	*ki*	*ki*	45.5	

Méthode *b*. Son émis inconnu, répondre par le son semblable.

Numéro d'ordre.	Irritation.	Signal.	Nombre de vibrations.	
4	*ko*	*ko*	77,5	
5	*ke*	*ke*	72	
6	*ki*	*ki*	72	moyenne = 74,33
17	*ki*	*ki*	76	minimum = 72
18	*ku*	*ku*	74,5	
19	*ke*	*ke*	74	

Méthode *c*. Son émis inconnu, ne répondre qu'a *ki*.

Numéro d'ordre.	Irritation.	Signal.	Nombre de vibrations.	
7	*ku*	—		
8	*ki*	*ki*	71,5	
9	*ki*	*ki*	61	
10	*ka*	—		moyenne = 63,37
11	*ku*	—		minimum = 59
12	*ki*	*ki*	62	
13	*ke*	—		
14	*ki*	*ki*	59	

Dans le tableau suivant, les résultats des observations appartenant à ce rouleau sont réunis avec ceux de deux autres rouleaux semblables; total, 38 déterminations, obtenues le même soir.

Méthodes	Nombre de vibrations.				
	XV.	XVI A.	XVI B.	moyenne des observations.	minimum de 38 déterminations.
a.	56,66	49,66	51,5	52,41	44,5
b.	74,83	73,08	74,33	74,08	62
c.	60,83	60,5	63,37	61,89	55,5

On trouve d'après cela:

	d'après les moyennes de			d'après les moyennes de toutes les observations.	d'après les minima.
	XV.	XVI A.	XVI B.		
b — *a*.	18,17	23,42	22,83	21,67	17,5
c — *a*.	4,17	10,84	11,87	9,48	11

Et pour les trois rouleaux combinés:

	d'après les moyennes.		d'après les minima.		en moyenne.	
	vibrat.	millièmes de seconde.	vibrat.	millièmes de seconde.	vibrat.	millièmes de seconde.
b — *a*.	21,67	83	17,5	67,05	19,585	75,03
c — *a*.	9,48	36,32	11	42,15	10,24	39,24

CONTRIBUTIONS PHYTO-PHYSIOLOGIQUES.

PAR

N. W. P. RAUWENHOFF.

Traduit en extrait d'après les: „Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen", 2e Série, T. III, p. 101.

I.

Relation entre l'évaporation et l'absorption de l'eau par la plante.

Depuis la célèbre expérience de Hales sur l'Helianthus annuus, il n'est pas de botaniste qui ignore que les plantes versent une grande quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère. On a généralement attribué à cette fonction une grande importance pour la vie de la plante, et plusieurs savants, tant dans le passé que de nos jours, ont étudié le phénomène sous différents aspects. Ordinairement il a été rattaché au problème encore non résolu du mouvement de la sève dans les végétaux, ce qui a considérablement accru l'intérêt et l'étendue de la question. C'est surtout à M. Unger que sont dues les recherches les plus importantes. Dans une série de mémoires, il a décrit un grand nombre d'expériences exactes, en même temps qu'il a donné un aperçu critique assez complet du travail de ses prédécesseurs. Pour l'historique du sujet il suffit donc de renvoyer aux publications de ce savant (*Sitzungsber. der Kais. Akad. der Wissensch.*, T. 43, 44 et 50).

Toutefois, il reste encore çà et là des points à élucider ou à confirmer, d'autant plus que les conséquences déduites par M. Unger relativement au mouvement de la séve ont été contestées par plusieurs phyto-physiologistes. Les expériences suivantes, sur

la relation entre la quantité d'eau qui est absorbée et celle qui s'évapore, pourront contribuer à jeter quelque jour sur ces points obscurs ou douteux.

M. Unger a cherché, en 1861 (*Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch.*, T. 44, p. 359), à fixer le rapport entre les deux grandeurs en question. Il prit des branches coupées, qu'il plaça dans de l'eau dont la surface était isolée de l'air extérieur, soit par une couche d'huile, soit au moyen de lames de verre fermant hermétiquement. L'évaporation de la branche garnie de feuilles était donnée par la perte de poids de l'appareil, l'absorption, par la diminution du volume de l'eau. Il trouva ainsi constamment, avec des plantes très diverses, la quantité d'eau évaporée plus grande que celle de l'eau absorbée. Plus tard, il expérimenta sur des plantes entières, qu'il fit enlever soigneusement avec leurs racines et placer dans l'eau (Ranunculus polyanthemus et Polygonum hydropiper). Il obtint encore le même résultat: l'absorption était un peu moindre que l'évaporation; une seule fois les deux grandeurs furent trouvées égales. Lorsque la plante commençait à se faner, l'évaporation devenait toujours prépondérante. Enfin, il prit de petits pieds bien vigoureux de Polygonum lapathifolium, auxquels, après les avoir extraits avec précaution de la vase, il laissa pousser de nouvelles racines dans l'eau, avant de les soumettre à l'expérience. Les plantes continuèrent à croître avec force, et ce fut le seul cas où l'absorption surpassa l'évaporation en quantité, mais seulement de 7 p. c., tout au plus.

Trois ans après (*Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch.*, 1864, T. 50), M. Unger appela l'attention sur ce fait connu, que les branches feuillées, placées dans l'eau, restent d'abord fraîches, mais commencent, au bout de quelque temps, à se dessécher, bien que, en apparence, elles se trouvent dans des conditions beaucoup plus favorables pour absorber de l'eau que les plantes fixées dans le sol. Il fit observer qu'il doit donc exister quelque obstacle spécial, qui ralentit ou rend impossible, soit l'absorption de l'eau, soit son transport à travers le végétal, et

il chercha à vaincre cette résistance en disposant l'expérience de façon que l'eau en contact avec la section de la branche exerçât sur elle une pression de plusieurs pieds de hauteur.

En comparant l'absorption effectuée dans ces conditions, avec celle d'une branche placée dans l'eau à la manière ordinaire, il trouva que la première était plus grande; mais l'absorption n'en diminua pas moins de jour en jour, et, finalement, les phénomènes habituels se produisirent: les feuilles se flétrirent et s'affaissèrent. Ce ne fut que sous une pression d'environ $\frac{2}{3}$ d'atmosphère que la plante resta turgescente et ouvrit même ses fleurs. M. Unger reconnut, en même temps, que l'absorption pendant le jour était plus du double de celle pendant la nuit. Il déduisit de ses expériences que la transpiration n'est pas causée par l'absorption, mais que, au contraire, celle-ci est un effet de la transpiration, bien qu'il ne faille pas en conclure que l'élévation de l'eau dans la plante doive être assimilée à l'action d'une pompe aspirante.

J'ai pensé qu'il serait intéressant de répéter les expériences dans ces deux directions et de les combiner ensemble. D'une part, en effet, c'est un point capital dans l'étude de la transpiration, de savoir, quelle est la proportion de l'eau absorbée qui se dégage de la plante, et quelle la proportion qui est retenue pour l'entretien et l'accroissement de l'organisme; et, d'autre part, la recherche des circonstances propres à modifier ce rapport peut conduire à la connaissance des causes qui déterminent le mouvement du liquide dans le végétal.

En premier lieu, j'ai comparé le rapport entre l'évaporation et l'absorption sous des pressions différentes. Une branche d'Eugenia robusta A, garnie de 164 feuilles offrant ensemble une superficie de 1572 centimètres carrés, fut introduite, en mars 1867, dans un petit flacon en verre (V. Pl. XIII fig. 1) entièrement rempli d'eau distillée, et fermé hermétiquement par un bouchon en caoutchouc à deux ouvertures, dont l'une était traversée par la branche, tandis que l'autre livrait passage à un tube de verre ouvert aux deux bouts, long de plus de 1 mètre et large de 4 mm. La capacité de ce tube avait été préalablement déterminée, et une

division en dixièmes de centimètre cube avait été tracée au diamant sur le verre. Le tube fut entièrement rempli d'eau, comme le flacon, et le niveau exact du liquide fut noté. Dans cet appareil peu compliqué, la pression était indiquée par la hauteur de la colonne liquide, et l'absorption de l'eau par la diminution du liquide dans le tube, tandis que l'évaporation était donnée par la perte de poids observée dans des pesées successives.

Simultanément, une autre branche B de la même plante, avec 106 feuilles d'une superficie totale de 772 centimètres carrés, fut introduite par le bout coupé, à travers un bouchon percé, dans un tube de verre fermé inférieurement et gradué; dans une seconde ouverture du bouchon était adapté un petit tube de verre ouvert aux deux côtés, et destiné à laisser pénétrer de l'air à mesure que, par suite de l'absorption, l'eau s'abaissait dans le tube gradué

Les résultats obtenus furent les suivants:

EUGENIA ROBUSTA.

Durée de l'expérience.	Nombre d'heures.	A. Eau absorbée, en grammes.	A. Eau évaporée, en grammes	A. Pression de la colonne d'eau, en centim.	B. Eau absorbée, en grammes.	B. Eau évaporée, en grammes.
9 Mars 3½ h. soir—10 Mars 11½ h. mat.	19½	2,24	1,30	99—62[1])		
10 ″ 2½ ″ ″ —11 ″ 1 ″ soir	22½	2,85	2,90	99—52	1,0	1,8
11 ″ 1 ″ ″ —12 ″ 10½ ″ mat.	21½	3,15	2,20	52—4	2,0	1,55
12 ″ 10½ ″ mat.—13 ″ 12½ ″ soir	26				1,8	1,85
13 ″ 12½ ″ soir.—14 ″ 1½ ″ ″	25				2,0	2,10
		8,24	6,40		6,8	7,3

Bien que, dans cette expérience, l'évaporation et l'absorption furent très diverses aux différents jours, on voit que, en définitive, la branche A absorba plus qu'elle n'évapora, tandis que B évapora plus qu'elle n'absorba.

Une expérience instituée, simultanément, avec une branche de

[1]) Les deux nombres indiquent la pression de la colonne d'eau au commencement et à la fin de l'expérience. La pression était variable, parce que le niveau de l'eau dans le tube vertical s'abaissait à mesure que le liquide était absorbé par la branche.

Laurus Persea garnie de 23 feuilles, et disposée de la même manière que l'expérience sur l'Eugenia robusta, donna le même résultat. Sous l'influence de la pression considérable de la colonne d'eau, la quantité de liquide absorbée surpassa encore la quantité évaporée. La branche, à la fin de cette expérience, était encore parfaitement fraîche, de sorte qu'elle put servir pour une nouvelle expérience.

Il résulte donc des faits observés que, pour des branches coupées, l'évaporation du liquide surpasse l'absorption, sauf dans le cas où l'eau est foulée dans la branche sous une pression suffisante. Ce résultat est entièrement d'accord avec ce qui a été trouvé par M. Unger.

Mais il en est autrement pour des plantes en voie de croissance. En répétant sur d'autres plantes l'expérience de M. Unger relative au Polygonum lapathifolium, j'ai vu cette expérience, jusque-là isolée, de tout point confirmée.

Au mois de février 1867, voulant observer le développement des racines aquatiques et répéter les expériences de M. Hanstein (*Pringsheim's Jahrb.*, II, p. 407), j'avais placé dans l'eau des boutures de Nerium Oleander, de Salix et d'autres plantes. Quelques-unes de ces boutures avaient très bien crû, et avaient poussé au mois de juillet plusieurs feuilles nouvelles et une grande quantité de racines. Parmi ces plantes, je pris un Nerium Oleander avec 18 feuilles développées (dont 15 formées dans l'eau) et avec un lacis de racines qui n'occupait pas moins de 30 c. c., et un Calodracon heliconiaefolius (ayant séjourné dans l'eau depuis le le 12 février) avec cinq feuilles vigoureuses, toutes formées dans l'eau, et avec une quantité de racines occupant un espace de 33 c. c. Chacune de ces plantes fut mise dans un verre portant extérieurement une échelle pour indiquer la capacité précise. Ce verre fut rempli d'eau jusqu'à une hauteur déterminée, et fermé supérieurement par deux lames de verre demi-circulaires, qui joignaient exactement entre elles, sauf au centre, où elles présentaient une petite ouverture pour le passage de la tige. Ce point, de même que ceux où les lames de verre reposaient sur les bords

du vase cylindrique, fut bouché hermétiquement avec un mélange de cire et d'huile. Ensuite, en vue de la mesure de l'évaporation, on pesa le tout, et, en vue de la mesure de la succion, on nota le niveau du liquide, en tenant compte de la correction nécessaire pour le volume occupé par les racines.

Voici les résultats trouvés:

A. NERIUM OLEANDER.

1867.	Nombre d'heures.	Eau évaporée, grammes.	Eau absorbée, grammes.	
4 Juill. 3½ h. — 5 Juill. 3½ h.	24	8,7	10	tenu dans la chambre.
5 ″ 3½ ″ — 6 ″ 1½ ″	22	10,4	11	
6 ″ 1½ ″ — 7 ″ 2½ ″	25	15,6	16	mis, l'après-midi, quelques heures à l'air, au soleil.
7 ″ 2½ ″ — 8 ″ 5¼ ″	26¾	11,85	12	
8 ″ 5¼ ″ — 9 ″ 12½ ″	17¼	5,75	7	
9 ″ 12½ ″ — 10 ″ 1 ″	24½	8,20	9	
10 ″ 1 ″ — 11 ″ 11 ″	22	6,45	6	
		66,95	71	

B. CALODRACON HELICONIAEFOLIUS.

	Nombre d'heures.	Eau évaporée, grammes.	Eau absorbée, grammes.
8 Juill. 6½ h. — 9 Juill. 12½ h.	18	2,8	7,0
9 ″ 12½ ″ — 10 ″ 12½ ″	24	3,8	4,0
10 ″ 12½ ″ — 11 ″ 11 ″	22½	4,1	6,0
		10,7	17,0

On voit que, dans les deux cas, l'absorption surpassa l'évaporation, et même de beaucoup pour la plante monocotylédonée.

Afin de connaître la différence d'action de plantes en croissance et de branches coupées, je pris une branche fraîchement coupée de Nerium Oleander, aussi semblable que possible à la plante A qui croissait dans l'eau, et garnie, comme elle, de 18 feuilles. Cette branche fut disposée, exactement de la même manière, dans un verre jaugé et contenant de l'eau, et l'on procéda, aux mêmes heures, aux mesures et aux pesées.

J'obtins ainsi les résultats suivants:

C. NÉRIUM OLEANDER. (*branche coupée.*)

	heures.	évaporé, grammes.	absorbé, grammes.
5 Juill. 3¼ h. soir. — 6 Juill. 1½ h. soir	22	2,5	2.0
6 ″ 1½ ″ ″ — 7 ″ 2½ ″ ″	25	2,3	2.0
7 ″ 2½ ″ ″ — 8 ″ 5¼ ″ ″	26¾	2,2	3,5
8 ″ 5¼ ″ ″ — 10 ″ 1 ″ ″	43¾	4,3	5,0

Les deux premiers jours, l'évaporation fut plus grande que l'absorption, et le sommet de la branche commençait déjà à pendre un peu, raison pour laquelle, le 7 juillet, je recouvris la branche d'une cloche, afin de modérer l'évaporation. Cela eut pour effet que, pendant les trois jours suivants, le gain prit le dessus sur la perte, et que le bout de la branche se redressa.

Il est probable que la branche commençait maintenant à croître un peu, et que l'activité plus grande de l'absorption était une suite du début de la formation des racines, formation qui, chez le Laurier-rose, dans l'eau, a lieu avec la plus grande facilité, comme on sait.

On doit remarquer toutefois la grande différence en quantité absolue, tant de l'eau absorbée que de l'eau évaporée, entre la plante en croissance A et la branche coupée C. Chez toutes les deux la surface transpirante avait à peu près la même étendue, mais l'évaporation journalière de A surpassait plus de 3 fois celle de C.

L'expérience très simple qui vient d'être décrite explique, ce me semble, la pratique depuis longtemps en usage dans l'horticulture, et qui consiste à cultiver sous des cloches ou des verrines les boutures, les jeunes plantes et les plantes de serre qui demandent beaucoup d'eau. C'est pour la même raison qu'on raccourcit les branches des arbres et des arbustes qu'on veut transplanter; les racines perdant de leur activité par suite de la transplantation, l'absorption d'eau diminue; l'élagage des branches a pour effet de rétablir le rapport entre cette absorption diminuée et l'évaporation par les feuilles.

Les expériences précédentes m'ont aussi permis d'apprécier l'absorption d'eau à différents moments de la journée. Il est bien connu que l'évaporation est le plus considérable pendant les heures chaudes du milieu du jour, surtout quand il fait du soleil. J'ai trouvé qu'il en est de même pour l'absorption de l'eau; à cet égard mes résultats sont entièrement d'accord avec ceux de M. Unger (*Sitzungsber. d. Wiener Akad.*; t. 50). Pendant le jour les plantes absorbèrent ordinairement deux fois autant d'eau que pendant la nuit.

La première des expériences ci-dessus rapportées (p. 321) montre que, sous une pression suffisante de la colonne d'eau, la plante absorbe plus qu'elle n'évapore.

Ce fait se trouve confirmé par l'expérience suivante, dans laquelle je déterminai le rapport entre l'évaporation et l'absorption en cas de pressions alternativement plus grandes et plus petites, ainsi qu'en cas de succion. Une branche coupée d'Eugenia robusta, avec 133 feuilles mesurant en surface 1036 centim. carrés, fut fixée hermétiquement dans un petit flacon entièrement rempli d'eau, au moyen d'un bouchon en caoutchouc dont la seconde ouverture livrait passage à un tube de verre deux fois courbé, à capacité intérieure exactement connue, et qui depuis l'extrémité ouverte z jusqu'en y était rempli d'eau, tandis que l'espace de y jusqu'à x était occupé par du mercure (V. fig. 3). L'appareil entier pouvait être pesé facilement. Son poids ne s'élevait pas à plus de 0,25 kilogr. La perte de poids donnait l'eau évaporée; le changement de niveau du mercure faisait connaître l'eau absorbée et la pression que le liquide supportait. Les pesées se faisaient une fois par jour, la hauteur du mercure était notée plusieurs fois dans les vingt-quatre heures. On trouva de nouveau:

1°. que l'absorption de l'eau est plus considérable que l'évaporation, quand l'eau est soumise à une certaine pression;

2°. que c'est au contraire l'évaporation qui prend le dessus lorsque cet excès de pression n'existe pas ou lorsqu'il y a succion;

3°. qu'il est possible, en augmentant ou diminuant la pression, d'inverser à plusieurs reprises le rapport entre l'évaporation et l'absorption;

4°. que l'absorption pendant les heures où le soleil est sur l'horizon, et surtout l'après-midi, est plus grande que pendant le reste du jour.

Pour les résultats numériques et autres détails je dois renvoyer au mémoire original.

Des résultats expérimentaux auxquels je suis arrivé, on peut conclure que l'absorption d'eau par les plantes ne dépend pas immédiate-

ment de l'évaporation, et que c'est encore beaucoup moins la première qui détermine la seconde. L'évaporation et, de même, l'absorption ont bien été plus fortes chez des plantes en croissance (Nerium Oleander A, Calodracon B) que pour des branches coupées (Nerium C), plus fortes sous l'influence de la pression d'une colonne de liquide qu'en l'absence de cette pression; mais entre les quantités d'eau évaporée et d'eau absorbée il n'y a aucune relation simple. Encore qu'il faille reconnaître que les nombreuses racines aquatiques des plantes A et B offraient une plus grande surface, et par conséquent plus de facilité pour l'absorption de l'eau, que la simple section de la plante C, il ne serait pas exact, je pense, d'attribuer à cette circonstance seule l'évaporation et l'absorption considérables observées sur les deux premières. On doit tenir compte, en effet, de ce que, chez une plante en croissance, qui donne naissance à de nouveaux organes, les mouvements et les transformations des matières nutritives sont beaucoup plus actifs que dans une branche coupée, où le transport des sucs, comme on le verra plus loin, se ralentit, pour ainsi dire, d'heure en heure.

Les expériences de M. Unger et d'autres savants nous ont appris que la quantité de liquide qui s'évapore, dans un temps donné, d'une certaine surface foliaire, dépend surtout, à part la structure de l'épiderme, du degré d'humidité de l'air et de la température. L'eau évaporée fait place à l'eau qui s'élève des racines, et favorise ainsi l'absorption. Mais, pour cela, on n'est pas encore en droit de regarder cette absorption comme se faisant par simple succion, analogue à l'aspiration de l'eau dans une pompe. Ce point a donné lieu à beaucoup de discussions dans ces derniers temps. M. Böhm (*Sitzungsber. d. Kais. Akad. in Wien*, T. 48, 1ère part., p. 18—20, 1863) s'efforce d'expliquer, de la manière qui vient d'être indiquée, l'absorption de l'eau par les racines des plantes. Il en trouve la cause dans l'évaporation, qui permet à la *pression de l'air* de pousser le liquide dans la plante, de sorte que le phénomène se réduirait à un effet de succion. M. Unger (*Sitzungsber. d. Kais. Akad. in Wien*, T. 50, 1ère part., p. 134, 1864) a élevé des objections contre cette manière de voir,

et signalé, entre autres, une expérience très simple qui montre le peu de fondement de l'opinion de M. Böhm. Lorsqu'on ferme un tube de verre à l'une de ses extrémités par un corps capable d'absorber de l'eau (par exemple par un tampon de bois de sapin épais de 1 centimètre), et à l'autre côté par un bouchon en caoutchouc, et qu'on place ce tube, préalablement rempli d'eau, dans une position horizontale, au milieu d'un air suffisamment sec, on observe une perte continue d'eau à l'intérieur du tube. Le tampon de bois absorbe du liquide, lequel, arrivé à la face extérieure, s'y évapore. Comme l'eau éliminée du tube ne peut y être remplacée, le vide est rempli par de l'air qui s'échappe en petites bulles, d'abord de l'eau, et ensuite du bois. Ce dernier apport finissant aussi par diminuer, il se forme un espace occupé par de l'air raréfié, espace qui augmente aussi longtemps qu'il reste de l'eau dans le tube. Il est clair que, dans cette expérience, l'eau évaporée n'est pas poussée en avant par une *vis a tergo*, c'est-à-dire, par la pression, puisque celle-ci, grâce à la fermeture hermétique, n'existe pas. L'évaporation est ici une suite de la capillarité et du pouvoir d'imbibition du bois.

Dans le même volume qui renferme le mémoire de M. Unger, se trouvent de nouvelles considérations de M. Böhm à l'appui de son opinion, accompagnées d'objections contre les vues d'autres savants. Il n'entre pas dans mon plan, en ce moment, de soumettre ces diverses vues à une critique. Je ferai remarquer seulement, que celle de mes expériences que j'ai mentionnée en dernier lieu, est contraire à l'explication donnée par M. Böhm. Dans cette expérience, l'évaporation et l'absorption n'ont nullement suivi une marche parallèle, mais leur rapport mutuel a pu être modifié à volonté, en rendant positive ou négative la pression de l'eau sur l'extrémité coupée. Et lorsque la pression négative, en d'autres mots, la succion du mercure devenait considérable, les cellules ne s'affaissaient pas, ainsi que cela aurait dû arriver d'après l'explication de M. Böhm, mais l'évaporation continuait, et de l'air était aspiré à travers toute la longueur de la branche, air qui se dégageait par les vaisseaux et les canaux aérifères

de la section terminale et s'accumulait à la surface du liquide.

J'ai vu plus d'une fois ce passage d'air à travers la plante s'opérer avec énergie. L'occasion m'en a été fournie par l'expérience suivante, entreprise dans le but de déterminer la grandeur de la force avec laquelle est aspirée l'eau nécessaire pour l'évaporation.

Le 9 Mars 1867, à 4 heures de l'après-midi, une branche feuillée de Clethra arborea fut fixée hermétiquement, au moyen d'un bouchon en caoutchouc percé, dans un petit flacon à large col, entièrement rempli d'eau. Par la seconde ouverture du bouchon (V. fig. 4) s'introduisait, de manière à la fermer hermétiquement aussi, un tube de verre ouvert aux deux côtés, rempli d'eau, recourbé, et dont la branche descendante, longue de 40 centimètres, plongeait dans un petit verre contenant du mercure. Au bout de deux heures, c'est-à-dire, à 6 heures du soir, le mercure s'était déjà élevé dans le tube de 6,25 centimètres. L'ascension continua régulièrement, tandis que la branche pompait l'eau du flacon.

Le lendemain,

10 Mars, à $7\frac{1}{2}$ h. mat., le mercure s'élevait à 25,5 centim.
„ „ 11 „ „ „ „ „ „ 28,0 „
„ „ 3 „ soir „ „ „ „ 31,0 „
„ „ 6 „ „ „ „ „ „ 34,0 „
11 Mars, „ $6\frac{1}{2}$ „ mat., „ „ „ „ 35,5 „
„ „ 11 „ „ „ „ avait coulé, par dessus la courbure du tube, dans le flacon, de sorte que l'appareil dut être démonté. La branche avait conservé sa fraîcheur.

Cette ascension énergique du mercure, qui dépassait mon attente, me fit recommencer l'expérience avec un tube plus long. Mais, ni avec le Clethra arborea, ni avec des branches feuillées d'autres plantes, je n'ai plus pu obtenir une ascension aussi rapide et aussi considérable. Toujours, après un temps plus ou moins long, des bulles d'air passaient à travers la section et venaient se rassembler au-dessus de l'eau; parfois, l'ascension du mercure continuait encore quelque temps après l'apparition de l'air; mais, finalement, le mercure se mettait à descendre lentement à mesure

que l'air se dégageait avec plus d'abondance. C'est ainsi que, avec une branche d'Eriobotrya japonica garnie de 11 feuilles (2070 centim. carrés de surface), le mercure n'atteignit qu'un maximum de 7,5 centim. au bout de 24 heures, alors que depuis plusieurs heures déjà des bulles d'air traversaient la section. C'est ainsi encore, qu'on trouva pour l'ascension maximum du mercure, avec une branche de:

a. Viburnum rugosum (45 feuilles, 3044 centim. carrés de surface), 11,0 cent. au bout de 29 heures; le dégagement d'air avait déjà commencé 7 heures après le début de l'expérience.

b. Eugenia robusta (159 feuilles, 1572 cent. carr. de surface), 24,0 cent. au bout de 5 jours; le dégagement d'air durait déjà depuis 2 jours.

c. Eugenia robusta (469 folioles, 2090 cent. carr. de surface), 7,5 cent. au bout de 3½ heures; alors commença le dégagement d'air et la dépression du mercure.

d. Clethra arborea (60 feuilles, 1604 cent. carr. de surface), 21,1 cent. au bout de 1½ jours; le dégagement d'air avait déjà commencé la veille.

e. Clethra arborea (81 feuilles, 1811 cent. carr. de surface), 24,9 cent. au bout de 1 jour; alors apparurent les bulles d'air.

Pour quelques-unes de ces branches on essaya, au moment où les bulles d'air commençaient à se montrer, de retourner l'appareil et de le laisser pendant plusieurs heures dans cette position où la section se trouvait pressée par une colonne d'eau de 1,2 à 1,38 mètres. Ensuite on replaçait l'extrémité du tube dans le mercure. Dans les premiers instants, le mercure reprenait alors un mouvement ascensionnel; mais l'apparition des bulles d'air sur la section ne tardait pas longtemps à se produire de nouveau. Finalement, j'ai encore soumis à l'expérience une branche de Ficus, dans l'espoir que le suc laiteux de cette plante, en se coagulant, fermerait la section et empêcherait ainsi le dégagement d'air. Cela arriva en effet, mais le mercure ne monta pas, et les feuilles, qui chez les autres plantes avaient gardé longtemps leur

fraîcheur, devinrent bientôt flasques, de sorte que je dois admettre que le suc lactescent coagulé s'opposait aussi à l'absorption de l'eau.

Je ne saurais, pour le moment, donner l'explication de la divergence des résultats fournis par ces diverses expériences. L'ascension du mercure n'est pas en rapport avec l'étendue de la surface transpirante, et des branches de la même espèce végétale montrent également de grandes différences, qui dépendent peut-être, au moins en partie, de l'état des cellules et du plus ou moins d'abondance des sucs dans les vaisseaux. Toutes les expériences ont eu lieu au mois de mars. M. Unger, qui en a exécuté d'analogues pendant l'été, a trouvé des déviations encore plus fortes, et ses plantes se flétrirent beaucoup plus vite, ce qui doit être attribué sans doute, en partie à l'activité plus grande de la transpiration estivale, en partie à la nature des espèces sur lesquelles il opérait.

Quoi qu'il en soit, toutes les expériences, aussi bien celles de M. Unger que les miennes, donnent un résultat final dans le même sens. Ces expériences établissent aussi suffisamment, ce me semble, qu'une force de pression exercée par la racine n'est pas, comme le pense M. Hofmeister, nécessaire pour faire monter la séve dans la plante.

II.

Pouvoir de transmission du bois pour les liquides.

Il y a quelques années, mon ami, feu le Dr. A. Brants, me rendit témoin d'une expérience dont le résultat me frappa beaucoup. A sa campagne Joppe, à Gorssel, il fit abattre au printemps un jeune hêtre, et, le tronc ayant été scié en deux points, de manière à obtenir un tronçon long de quelques pieds et épais de 6 à 7 pouces, il versa sur la section supérieure une dissolution étendue de sulfate de cuivre. Presque immédiatement, la section

inférieure se mouilla, et le liquide s'en écoula ensuite sous forme de gouttes.

La plupart des traités élémentaires de botanique paraissent ignorer ce fait. En parcourant la littérature de notre science, je n'ai trouvé que les indications suivantes. Dans la *Physique des arbres* de Duhamel, ce chef-d'œuvre du siècle précédent, est mentionnée une expérience de Camus, lequel, ayant placé sur un morceau bien sain de bois d'orme un tube long de 300 pieds et rempli d'eau, vit le liquide sortir du bois comme d'un arrosoir.

Dans le même ouvrage (Tome I, p. 55) on communique le résultat d'une expérience analogue exécutée par Hales. Ce savant avait fixé sur une branche de pommier, longue de 3 pieds, un tube de verre de 9 pieds de hauteur. Quand on remplissait ce tube avec de l'eau, le liquide traversait le bois goutte à goutte, de sorte qu'il en passait 6 onces en 30 heures de temps.

Duhamel assure avoir répété cette expérience plusieurs fois avec succès, et il en tire la conclusion que le bois est perméable à l'eau.

Ce n'est que 80 ans plus tard, que l'attention fut de nouveau attirée sur ce fait intéressant, par les célèbres travaux de M. Boucherie. Comme l'on sait, M. Boucherie a cherché à rendre le bois, destiné aux usages techniques, plus durable en le pénétrant de matières antiseptiques, et parmi ces matières il a fini par recommander, comme la plus avantageuse, une dissolution de pyrolignite de fer. Cette imbibition du bois offrait, toutefois, de grandes difficultés. Le bois de flottaison peut rester des mois entiers dans l'eau sans en être entièrement pénétré. Duhamel avait déjà trouvé que des pièces de bois de 2 pieds de longueur et de 1 pied d'équarrissage ne cessaient d'augmenter en poids qu'au bout de 6 mois de séjour dans l'eau.

Après plusieurs tentatives inutiles pour introduire le liquide antiseptique dans le bois à l'aide de la force mécanique ou de la chaleur, M. Boucherie imagina d'avoir recours à la force d'ascension des liquides dans l'arbre vivant. L'essai réussit. Un peuplier de 28 mètres de hauteur et 40 centim. de diamètre, scié au pied et plongé par l'extrémité inférieure, sur une hauteur de 20

centim., dans une dissolution de pyrolignite de fer, s'en imbiba jusqu'au sommet en 6 jours de temps et n'absorba pas moins de 3 hectolitres de liquide. Mais, dans la pratique, ce procédé présentait de graves inconvénients. Pour tenir debout un grand arbre pourvu de ses branches, il fallait des appareils coûteux, et l'opération était parfois des plus difficiles. M. Boucherie essaya donc de faire pénétrer le liquide en liant le pied de l'arbre, récemment abattu et couché sur le sol, dans un sac rempli de la dissolution. L'effet désiré se produisit, mais on obtint des résultats encore meilleurs en pratiquant avec une tarière des trous dans l'arbre vivant, et mettant ces trous en communication avec un réservoir contenant le liquide. La dissolution foncée du sel ferrugineux était encore transportée, de cette manière, jusqu'aux branches les plus élevées, bien que le succès ne fût pas égal dans toutes les circonstances.

Il y avait, en effet, de grandes différences dans l'ascension du liquide aux diverses époques de l'année. En hiver, les arbres se trouvent dans un état de repos relatif; l'ascension se faisait alors lentement et difficilement; elle marchait mieux au printemps, après l'apparition des feuilles; mais les résultats les plus avantageux furent obtenus en automne.

Lorsque les arbres étaient abattus, leur pouvoir d'absorption se perdait rapidement. M. Boucherie vit l'imbibition du liquide se faire encore parfaitement, en septembre chez un sapin coupé depuis 48 heures, et en juin chez un platane abattu depuis 36 heures; mais, habituellement, le pouvoir d'absorption diminuait beaucoup plus vite. Toujours, il cessait entièrement après 6 jours, au plus tard.

On trouva aussi que toutes les parties du bois ne s'imprégnaient pas au même degré chez les différents arbres. Dans les bois blancs, une partie périphérique d'épaisseur variable restait sans se laisser pénétrer, et dans les bois durs (tels que le chêne et l'orme), c'était la portion centrale qui refusait le liquide. Parfois, d'autres points encore manquaient de matière colorante, de sorte que M. Boucherie obtint même, de cette manière, des pièces de bois marbrées.

Les recherches de M. Boucherie furent accueillies avec beaucoup

d'intérêt, et jugées très favorablement par l'Académie des sciences de Paris. Encouragé par là à poursuivre ses expériences, il s'appliqua surtout à mettre le procédé qu'il préconisait en harmonie avec les exigences et les usages de la sylviculture, lesquels fixaient l'époque de la coupe des arbres, non au mois d'avril ou de septembre, mais en hiver. Il fut conduit ainsi à un moyen qui permettait d'exécuter convenablement l'imprégnation dans cette dernière saison; ce moyen fut communiqué à l'Académie des sciences au mois de février 1841 (*Comptes rendus*, T. XII, p. 337). Il consistait à placer verticalement les bois abattus et équarris, et à adapter à leur extrémité supérieure des sacs remplis de la dissolution préservatrice. Ordinairement, celle-ci pénétrait immédiatement dans le bois, et il s'échappait du liquide par le bout inférieur de la pièce. Lorsque le liquide écoulé montrait la même composition que celui qui entrait par en haut, on regardait le bois comme suffisamment imprégné.

Dans les années qui suivirent, ce fut surtout M. Hartig qui s'occupa de l'étude du mouvement des liquides dans le bois (*Bot. Zeit.* 1853, p. 313). Des trous, disposés en forme d'étoile couchée, forés dans des arbres vivants, et tous bouchés, sauf un seul mis en communication avec un réservoir de pyrolignite de fer, montrèrent à M. Hartig l'ascension verticale du liquide dans le bois, déjà reconnue par Duhamel. En haut, on voyait dans le bois une étoile de couleur foncée, et semblable à celle que formaient inférieurement les trous de forage, de sorte que la dissolution colorée était montée verticalement, sans dévier latéralement

Le procédé de M. Boucherie a reçu de nombreuses applications en grand, pour préserver le bois de la corruption. M. Hartig en fit usage pour extraire du bois une certaine quantité de séve. Sur un tronçon d'une tige d'arbre il plaça un tube de verre, dans lequel il versa, d'abord une petite quantité d'un liquide fortement coloré (pyrolignite de fer, dissolution de tournesol ou de carmin), puis une grande quantité d'eau. Aussi longtemps que le liquide qui dégouttait de la face inférieure resta parfaitement incolore, il fut regardé par M. Hartig comme de la séve pure. Il recueillit

cette séve à différentes hauteurs du tronc, et en détermina la densité; le résultat fut, que chez tous les arbres soumis à l'expérience, à l'exception du chêne, la densité augmentait avec la hauteur du point où le liquide avait été recueilli (*Bot. Zeit.*, 1861, pag. 22).

Enfin, plus récemment, M. Böhm (*Sitzungsber. der Kais. Akad. in Wien*, 1863, T. 48, p. 13) a observé qu'on peut exprimer du suc d'une branche de saule par la pression d'une colonne d'eau dont la hauteur ne dépasse que peu la longueur de la branche.

A ma connaissance, toutefois, aucun auteur (sauf, jusqu'à un certain point, M. Boucherie) n'a étudié spécialement les caractères que présente cet écoulement de liquide, ni les conditions dans lesquelles il se produit. Dans l'espoir qu'une pareille étude pourrait contribuer en quelque chose à la connaissance du mouvement des sucs dans la plante, j'ai exécuté quelques expériences dont je vais communiquer les résultats.

La disposition générale des expériences était celle-ci: à l'une des extrémités d'un fragment, récemment coupé, d'une tige ou d'une grosse branche *h* (V. fig 5), on fixait un petit cylindre ou un tube de verre, de diamètre à peu près égal, et on rendait la jonction étanche au moyen d'un anneau de caoutchouc *b*. Le fragment de bois était alors suspendu, l'extrémité armée du verre dirigée vers le haut, au-dessus d'un tube de verre gradué *d*, ouvert supérieurement, et portant dans cette ouverture un entonnoir de verre *e*, assez large pour embrasser entièrement la section inférieure du bois.

En versant dans le cylindre ou tube de verre un volume connu d'un certain liquide, il était facile de constater combien de liquide il s'était écoulé, en un temps déterminé, du bois de différents arbres, et de comparer, sous ce rapport, le mouvement des liquides à l'intérieur du bois dans des circonstances diverses.

Les erreurs qui pouvaient résulter des conditions variables de l'humidité atmosphérique, de la température, de la lumière, etc., étaient évitées en instituant des expériences comparatives, *simultanées*.

En employant une dissolution, telle que celle du prussiate jaune de potasse, dont une quantité extrêmement petite pût être constatée immédiatement, on avait en même temps le moyen de reconnaître l'instant précis où la première goutte du liquide versé sur le bois découlait de la face inférieure. Il suffisait pour cela de mettre d'avance une seule goutte d'acétate ferrique dans le tube gradué *d*; l'arrivée de la première goutte de prussiate était alors signalée par la coloration bleue.

Je cherchai à déterminer en premier lieu, par le procédé qui vient d'être décrit, si le transport d'un liquide à travers le bois est le même, pour des circonstances d'ailleurs identiques, de la tige au sommet et du sommet à la tige, en d'autres termes, dans la direction du suc qui s'élève de la racine et dans la direction opposée. A cet effet, je pris, le 23 mars 1867, une branche de Populus dilatata, longue de 52 centim. et épaisse de 5,5 centim. Cette branche fut sciée en son milieu, et chacune des deux sections, préalablement bien parées au couteau, fut armée d'un verre, comme il a été dit plus haut. Les deux moitiés de la branche furent alors suspendues l'une à côté de l'autre; dans la moitié supérieure, que j'appellerai A, le liquide introduit se dirigeait donc de la tige vers le sommet, tout comme le suc ascendant de de la plante; dans la moitié inférieure B le transport du liquide devait se faire en sens inverse. Je donnerai ici, comme exemple, les résultats de cette expérience, en renvoyant pour ceux des expériences subséquentes au mémoire complet.

Populus dilatata.

23 Mars 1867, à midi, introduit dans chaque verre 20 c.c. d'une dissolution de prussiate jaune de potasse à $\frac{1}{100}$ (c'est-à-dire contenant 10 grammes de sel par litre d'eau); quantité de liquide écoulé à l'extrémité inférieure:

Date.		A.	B.	Observations.
23 Mars	12h30m	0,8 c.c.	0	Surface inférieure entièrement mouillée chez A, entièrement sèche chez B.
	12 45	1,6 〃	sèche	
	1 —	2,4 〃	〃	
	1 15	3,0 〃	〃	
	1 30	3,5 〃	commence à s'humecter	
	1 45	4,2 〃	0,1 c.c.	
	2 —	5,3 〃	0,2 〃	
	2 15	5,6 〃	0,3 〃	Chez A, coloration en bleu du liquide écoulé: par conséquent, 1re goutte de prussiate.

Comme il ne restait plus de liquide sur la face supérieure de A, on ajouta encore dans chaque verre 20 c. c. de la dissolution de prussiate de potasse, de sorte que la colonne de liquide qui pesait sur la section avait une hauteur de 2,3 centim. chez A, de 2,6 centim. chez B.

On trouva ensuite pour le liquide écoulé:

Date.			A.	B.	Observations.
23 Mars	3h	soir	7,2 c.c.	0,8 c.c.	A ce moment apparaît la première goutte de prussiate chez B.
	3 30m	〃	9,1 〃	1,6 〃	
	4 15	〃	11,5 〃	2,6 〃	
	6	〃	20,3 〃	8,1 〃	
24 Mars	6 30	mat.	33,3 〃	25,0 〃	Les deux verres sont vides.
	11	〃	33,4 〃	30,0 〃	Les sections, tant supérieure qu'inférieure, sont sèches chez A et chez B.

A 2h après midi on verse 20 c. c. d'eau dans chaque verre; on vide en même temps les tubes gradués.

Liquide écoulé:

		A.	B.	Observations.
24 Mars	6h soir	2,6 c.c.	2,4 c.c.	
25 〃	6 mat.	8,3 〃	7,2 〃	Les deux verres vides.
	12 〃	8,5 〃	7,2 〃	
	6 soir	8,5 〃	7,2 〃	

Les deux bouts de branche furent laissés à l'état sec jusqu'au 4 avril; alors on les mit de nouveau en expérience. Mais, cette fois, on adapta les verres aux extrémités opposées, de sorte que le mouvement du liquide devait se faire en sens contraire de celui qu'il avait eu la première fois, c'est-à-dire chez B suivant la direction des sucs ascendants, chez A dans la direction inverse. Le but de cette modification était de savoir si l'excès considérable de la rapidité de passage à travers A dépendait de particularités propres à ce fragment, ou bien de la direction du mouvement du liquide. Le résultat montra avec évidence: 1°, que le passage du liquide, chez le Populus dilatata, se faisait beaucoup plus rapidement de la tige vers le sommet que dans le sens opposé; 2°, que le liquide traversait le bois beaucoup plus vite au commencement que plus tard, et cela chez B aussi bien que chez A.

Des fragments de branches d'Aesculus rubicunda, de Fagus sylvatica fol. purp. et de diverses autres espèces ligneuses, examinés de la même manière, immédiatement après avoir été enlevés de la plante vivante, conduisirent aux mêmes conclusions, bien que ces divers fragments laissassent passer le liquide avec des vitesses initiales très différentes.

Deux autres morceaux de bois de Fagus sylvatica furent imbibés, non d'une dissolution de prussiate de potasse, mais d'une dissolution aqueuse, fortement colorée, de Magenta. Les quantités de liquide filtrées à travers le bois donnèrent encore les mêmes résultats, avec cette seule différence que le liquide écoulé, au lieu d'avoir une couleur foncée, était incolore et parfaitement limpide. Toute la matière colorante avait été retenue, tant chez A que chez B, pendant toute la durée de l'expérience; une portion considérable de cette matière était restée sur la section supérieure, et, en fendant le bois après la fin de l'expérience, on reconnut que le reste n'avait pénétré qu'à une profondeur de 2 à 3 centimètres, colorant les parois des vaisseaux et des cellules du prosenchyme, surtout dans les couches les plus jeunes du bois.

Ce résultat prouve qu'on doit être prudent dans le choix de la matière colorante, lorsque, de l'absence de coloration dans le

liquide écoulé, on veut conclure, comme l'a fait M. Hartig (Voir plus haut, p. 333), que ce liquide ne se compose que du suc primitif de la plante, refoulé vers le bas par le liquide qu'on verse supérieurement. Biot avait déjà prémuni contre l'erreur d'une semblable conclusion, dans ses observations à propos des expériences de M. Boucherie (*Comptes rendus*, T. XII, p. 363). La justesse de sa remarque est confirmée par mes expériences. Tandis que le prussiate de potasse en dissolution passe sans obstacle, au moins en grande partie, le Magenta est arrêté complétement, et quand on se sert d'une dissolution de tournesol, une partie seulement de la matière colorante traverse le bois. Il est probable que toute matière colorante qui, comme le Magenta, peut colorer, sans mordant, les parois des cellules, sera retenue par le tissu du bois. Peut-être doit-on aussi attribuer à un choix malheureux du liquide colorant, l'insuccès de certaines expériences entreprises sur l'ascension des liquides dans les plantes vivantes.

Il m'a semblé qu'il importait d'examiner aussi, sous le rapport de la conduction des liquides, la tige des Gymnospermes et celle des Monocotylédones. Je choisis à cet effet, pour les premières, la tige du Pinus halepensis Mill. et du Pinus silvestris L., et, pour les secondes, la tige de l'Alpinia nutans Rosc. Le bois des Pins offre cet avantage, que l'absence de vaisseaux ne permet pas de songer, pour le passage des liquides, à une action capillaire de ces organes élémentaires.

Le 18 avril 1867, deux morceaux de bois de Pinus halepensis furent soumis à l'expérience, de la manière décrite; mais tous les deux ne laissèrent passer le liquide que très lentement. Au mois de septembre, au contraire, le liquide traversa la tige de Pin beaucoup plus rapidement, ce qui confirme l'observation de M. Boucherie relativement à l'époque la plus convenable pour l'imprégnation du bois des Pins et d'autres arbres toujours verts. Ici encore, la conduction du liquide fut trouvée beaucoup plus facile dans la direction de la racine au sommet, que dans la direction opposée. Ce même résultat s'applique à l'Alpinia nutans, la plante monocotylédone que j'ai étudiée.

Après avoir ainsi constaté, chez les plantes les plus différentes, que la tige se laissait traverser par les liquides plus rapidement dans le sens ascendant que dans le sens descendant, je voulus examiner, sous le même rapport, la *racine*. Je supposais que celle-ci serait douée de la même propriété, et peut-être même à un degré plus prononcé. Je ne fus donc pas médiocrement surpris, lorsque l'expérience donna un résultat tout à fait contraire.

Deux morceaux de racine du Pinus silvestris L., garnis, à l'aide d'un vilebrequin, de trous destinés à recevoir le liquide employé, furent mis en expérience le 13 septembre 1867. On trouva constamment que le liquide marchait beaucoup plus vite de haut en bas que de bas en haut, ce qui est précisément l'inverse de ce qui se passe dans la tige. Pour m'assurer que ce résultat divergent ne tenait pas à quelque particularité inhérente à la partie végétale expérimentée, j'ai répété l'expérience avec d'autres plantes et avec d'autres liquides colorants. La racine du Populus nigra se comporta d'une manière remarquable : presque immédiatement après qu'on eut versé le liquide, l'écoulement commença à la face inférieure des deux morceaux, non goutte à goutte, mais presque en jet continu, de sorte que, en 1 minute, A avait laissé passer 30 c. c., et B, 37 c. c. Le liquide écoulé était d'abord incolore et un peu trouble ; il devint limpide et coloré en violet clair après que A eut fourni 20 c. c. et B 30 c. c.

Finalement, j'ai encore fait, avec le Populus nigra, une expérience dans laquelle j'ai observé simultanément, sur la tige et sur la racine du même arbre, le pouvoir de transmission des liquides dans les deux directions. Il me semblait qu'il y avait quelque intérêt à comparer, sous ce rapport, l'action des deux parties du végétal. Le résultat de cette expérience ne différa pas de ceux qui avaient été déjà obtenus (Voir le mémoire original, p. 124).

Toutes mes expériences s'accordent donc à montrer que la conduction du liquide, bien que se faisant avec une facilité très inégale chez différentes espèces de bois, est, dans la tige, plus rapide des racines vers le sommet que dans la direction opposée,

tandis que dans la racine, au contraire, elle est plus rapide de la tige vers les fibrilles radiculaires. Dans les deux cas, par conséquent, la transmission est plus facile en allant de la partie la plus épaisse du corps ligneux vers les extrémités, que dans le sens opposé. Pour contrôler la justesse de cette conclusion, j'ai encore examiné, sous le rapport du pouvoir de transmission, des branches indivises et des branches fourchues d'Aesculus et de Fagus. J'ai trouvé ainsi, que lorsque le liquide traversait, dans la même direction, deux branches du même arbre et à sections de même étendue, mais dont l'une se ramifiait et l'autre pas, la première laissait toujours écouler un peu plus rapidement le liquide versé sur la section supérieure. Je dois dire toutefois, qu'ordinairement la somme des deux surfaces d'écoulement de la branche fourchue était un peu plus grande que la section de la branche indivise.

Lorsque deux branches fourchues du même arbre devaient livrer passage au liquide, l'une A dans la direction de la ramification, c'est-à-dire de la sève ascendante, l'autre B dans la direction opposée, l'écoulement était toujours plus rapide et plus abondant chez la première. A prenait l'avance sur B, en dépit de ce que les surfaces, tant d'entrée du liquide que d'écoulement, fussent plus grandes chez B.

Ces mêmes morceaux de bois, après avoir été laissés à l'air pendant huit jours, ont été soumis à une dernière épreuve, dans laquelle une des branches de la fourche, alternativement, restait à sec ou était recouverte de cire sur la section. Le résultat fut encore identique. Bien que, chez tous les morceaux, l'écoulement devînt de plus en plus lent, l'action, en rapidité comme en quantité, était toujours plus grande chez A que chez B.

Mes expériences n'avaient nullement pour but de faire connaître les voies que suivent les sucs dans la plante vivante, car je pense que, sous ce rapport, il n'y a pas de comparaison à établir entre l'absorption de liquide par une section qui en est recouverte, et la fonction des fibrilles radiculaires dans le sol. Pourtant, je n'ai pas négligé l'occasion de rechercher, au moins superficiellement,

quelles étaient les parties de la tige qui avaient principalement servi au transport des liquides offerts. A cet effet, les expériences terminées, j'ai scié, au milieu de la pièce employée, un tronçon d'environ 10 centimètres de longueur, que j'ai ensuite fendu longitudinalement par le milieu. En humectant d'un sel de fer le bois imprégné de prussiate de potasse, la coloration bleue indiquait immédiatement le chemin suivi par le liquide. Le Magenta et la teinture de tournesol se décelaient directement eux-mêmes, bien que la coloration produite par la dernière fut parfois très faible.

Cet examen m'apprit qu'il n'y avait pas de différence dans le chemin parcouru par le liquide, que celui-ci eût marché dans le sens de la sève ascendante, ou dans le sens opposé.

Chez le Populus dilatata, traité par l'acétate ferrique, ce furent surtout les couches les plus jeunes du bois et les parties du liber à parois minces, qui se colorèrent en bleu. Çà et là quelques rayons médullaires étaient un peu colorés, ainsi que quelques points du parenchyme cortical. Les deux couches les plus anciennes du bois et la moelle ne devinrent pas bleues, mais gris sale. Le cambium resta complétement incolore. Le microscope fit voir que la matière colorante occupait les parois des cellules du bois et celles des vaisseaux ponctués.

Dans le bois de la tige du Populus nigra, qu'on avait fait traverser par la teinture de tournesol, la matière colorante se montrait principalement dans les couches ligneuses âgées d'un et de deux ans, mais ni dans la moelle ni dans l'écorce. Dans la racine, les couches ligneuses les plus récentes et celles qui touchaient immédiatement à la moelle étaient colorées; çà et là un peu de liquide avait aussi pénétré dans le cambium.

Chez l'Aesculus rubicunda c'étaient de nouveau les couches ligneuses qui s'étaient emparées de la matière colorante, ainsi que les tubes cribreux du liber, les cellules grillagées. Dans le bois, la coloration était plus prononcée dans les couches annuelles les plus jeunes et les plus vieilles que dans les couches moyennes, et elle occupait encore principalement les cellules ligneuses et les vaisseaux ponctués.

Chez l'Acer Pseudoplatanus l'anneau tout entier des faisceaux vasculaires était devenu d'un bleu plus ou moins foncé; la moelle, les rayons médullaires et l'écorce étaient restés, au contraire, entièrement incolores. Dans le bois c'étaient les vaisseaux, dans l'écorce les cellules grillagées, qui avaient absorbé le plus de matière colorante.

Chez le Fagus silvatica la couleur bleue pénétrait le bois dans toute son étendue, mais surtout les couches les plus jeunes; aucune coloration n'était visible dans les rayons médullaires ni dans la moelle. L'écorce se colora d'une manière différente, par suite d'une réaction de l'acide tannique.

Dans les pièces qui avaient été traités par la dissolution de Magenta, la matière colorante était restée en grande partie à la surface; une petite partie seulement avait pénétré de 3 centim. chez A, et de 2 centim. chez B. Les parties colorées du bois étaient les parois des vaisseaux et des cellules ligneuses, surtout dans les couches les plus jeunes du bois.

Chez l'Alpinia nutans, enfin, la voie suivie par le liquide ne put être reconnue, attendu que des morceaux de bois frais, qui n'avaient pas reçu de prussiate de potasse, se colorèrent en bleu dans toutes leurs parties, sous l'action de l'acétate ferrique, tout comme les pièces qui avaient été mises en expérience. Il paraît, d'après cela, que la tige de cette plante renferme une grande quantité d'acide tannique.

Si l'on compare ces résultats avec ceux qui viennent d'être publiés par M. Hallier dans sa *Phytopathologie*, p. 71 et suiv. (résultats déjà communiqués antérieurement, en extrait, dans les *Landwirthsch. Versuchsstat.* 1867, T. IX, No. 1), on trouve que les uns et les autres s'accordent, en ce sens, que dans les expériences de M. Hallier la moelle et les parties extérieures de l'écorce restèrent également sans coloration. Mais, du reste, les résultats offrent des divergences notables. M. Hallier prétend que le liquide est toujours absorbé d'abord par le cambium, et que de là il pénètre par les rayons médullaires dans le bois. J'ai trouvé, au contraire, que les cellules et les vaisseaux du bois étaient les

conducteurs du liquide, tandis que les rayons médullaires ne montraient presque jamais de coloration. Le résultat obtenu par moi est conforme à ce qui, d'après d'autres considérations encore, est admis par la plupart des phyto-physiologistes au sujet de la conduction des liquides. Je ne puis, naturellement, décider de quel côté se trouve la vérité, mais je dois faire observer que les expériences de M. Hallier ont eu lieu avec des blocs de bois à surfaces rabotées et lisses, qu'on plongeait dans le liquide coloré, soit par la section transversale, soit par la section radiale ou tangentielle. Cette manière d'opérer n'est certainement pas propre à faire connaître les fonctions de la plante vivante. Je reconnais, ainsi qu'il a déjà été dit plus haut, que les résultats de mes expériences ne représentent pas non plus, sous tous les rapports, ce qui se passe dans la plante vivante; mais pourtant des parties fraîchement sciées, avec leur écorce parfaitement intacte, se rapprochent plus des conditions naturelles que les blocs rabotés de M. Hallier. Lorsqu'il affirme que des branches coupées, garnies de feuilles, n'aspirent d'abord le liquide que par le cambium, je suis tenté de supposer qu'il comprend sous le nom de cambium aussi la couche ligneuse la plus récente. Or, l'action énergique de cette couche est bien connue.

Il est encore un point dont je dois dire quelques mots. C'est la diminution remarquable qu'éprouve le pouvoir de transmission du bois peu de temps après qu'il a été soustrait à l'influence de la vie.

On savait, comme je l'ai rappelé précédemment, que le bois vivant ou fraîchement coupé laisse passer les liquides avec une grande rapidité; on savait aussi que le bois mort est très peu perméable à l'eau, témoin, entre autres, les divers vaisseaux de bois dans lesquels on conserve des liquides. La différence d'action était généralement attribuée à la dessiccation des parois des cellules et des vaisseaux, et à la disparition, par évaporation, d'une partie du contenu liquide de ces organes élémentaires. M. Jamin a fait voir combien le mouvement est difficile dans un tube capillaire rempli en partie de liquide et en partie d'air. Il n'y a donc rien d'extraordinaire à ce que, dans mes expériences, le passage du liquide fût ralenti, lorsque les pièces de bois avaient été lais-

sées à sec assez longtemps pour qu'on pût admettre qu'une partie du liquide avait disparu par évaporation. Mais comment expliquer ce ralentissement progressif, quand le bois restait constamment couvert de liquide sur la section supérieure ? Je ne puis imaginer d'autre cause à ce phénomène qu'une modification dans l'état moléculaire des parois cellulaires, en vertu de laquelle ces parois deviennent moins perméables aux liquides, modification que la chimie ne saurait expliquer pour le moment, mais qui, sans aucun doute, est en connexion intime avec le changement du pouvoir d'imbibition de la cellule vivante.

Pour ce qui regarde, enfin, la cause du passage rapide des liquides, je pense qu'elle doit être cherchée précisément dans ce pouvoir d'imbibition de la paroi cellulaire. Sous ce rapport, mes expériences viennent à l'appui des vues de M. Unger, suivant lesquelles l'ascension des sucs dans la plante serait due à l'imbibition et à l'infiltration de la paroi cellulaire, et se ferait principalement le long et à l'intérieur de cette paroi. On pourrait difficilement rapporter l'effet observé à l'action de la capillarité; le mouvement devrait alors avoir lieu uniquement dans les vaisseaux et dans les cellules ligneuses à ponctuations ouvertes. Or, les vaisseaux sont remplis d'air en grande partie; là où cet air n'est pas chassé immédiatement et complétement par le liquide versé sur la tranche, le déplacement ne se fera que très difficilement et avec une extrême lenteur; et, en tout cas, il exigera une pression beaucoup plus forte que celle de la colonne liquide de 2 à 3 centimètres de hauteur, qui recouvrait la tranche. Peut-être la capillarité pourrait-elle expliquer l'introduction du liquide dans les parties remplies d'air; mais, au lieu d'un écoulement rapide, il semble qu'il devrait en résulter la rétention du liquide absorbé.

On ne peut pas non plus avoir recours à la simple pression hydrostatique: il faudrait alors que l'action demeurât constamment la même, au commencement et à la fin de l'expérience, et dans les pièces de bois placées en sens opposé. Regardera-t-on l'osmose comme la cause efficiente ? Cela me paraît également inadmissible :

l'écoulement est trop instantané et trop rapide, et d'ailleurs il y a une trop faible différence de composition entre le liquide qui entre et celui qui sort. En outre, le passage dans les deux directions opposées se concilierait difficilement avec cette hypothèse.

Je pense donc qu'on doit se représenter le passage du liquide versé à la surface comme une suite de l'absorption et de la conduction par les parois des cellules et des vaisseaux. En faveur de cette opinion plaide aussi la circonstance que la matière colorante fixée par le bois s'est rencontrée dans les parois des cellules et des vaisseaux, et peu ou point dans le contenu de ces organes. Je crois que les différences que j'ai observées chez diverses essences de bois et à diverses époques doivent être rapportées à des différences du pouvoir d'imbibition des parois cellulaires. Quant au développement de cette manière de voir et à son application au problème difficile du mouvement des sucs dans le végétal, je les réserverai pour une communication ultérieure: il y aurait de la précipitation à tirer des conclusions générales avant d'avoir entrepris de nouvelles expériences à ce sujet.

Explication des figures de la planche XIII.

Fig. 1. Branche d'Eugenia robusta, placée dans le bouchon en caoutchouc à deux ouvertures *a*, qui ferme le flacon rempli d'eau *b*. Dans la seconde ouverture du bouchon *a* passe un tube de verre de plus de 1 mètre de longueur, sur lequel la capacité intérieure est marquée en centièmes de c. c.

Fig. 2. Cylindre de verre rempli d'eau jusqu'en *n*, et dont la capacité a été déterminée préalablement avec soin et marquée sur l'échelle *s*. La bouture de Nerium Oleander avec racines aquatiques est placée dans ce verre de telle sorte que la base de la tige se trouve enserrée entre deux petites échancrures pratiquées aux deux lames de verre demi-circulaires *a* et *a'*, lesquelles sont jointes hermétiquement à la tige, au bord supérieur du cylindre et entre elles, au moyen d'un lut de cire et d'huile.

Fig. 3. Branche d'Eugenia robusta, fixée dans un flacon plein d'eau, de la même manière que dans la Fig. 1. La seconde ouverture du bouchon en caoutchouc est traversée par un tube à double courbure, gradué, rempli d'eau depuis *z* jusqu'à *y*, et de mercure depuis *y* jusqu'à *x*.

Fig. 4. Branche fixée comme dans la figure précédente. Le long tube à simple courbure *b* est entièrement rempli d'eau, et plonge par son extrémité inférieure dans le godet *c*, contenant du mercure qui s'est déjà élevé à une certaine hauteur dans le tube.

Fig. 5. Appareil pour les expériences relatives au passage des liquides à travers le bois: A. cadre en bois, auquel peuvent être suspendues simultanément un certain nombre de pièces de bois; *a* anneau de verre, à peu près de même diamètre que le bois et haut de 6 à 8 centim, fixé à la pièce de bois *h* au moyen de l'anneau de caoutchouc *b* et de cordons; *e* entonnoir en verre placé dans le tube eudiométrique gradué *d*.

MÉMOIRE

SUR LA

COMPOSITION CHIMIQUE DES MONNAIES NÉERLANDAISES

ET SUR LA

VOLATILISATION DE L'ARGENT;

PAR

A. D. VAN RIEMSDIJK

docteur ès sciences,

essayeur-adjoint à la Monnaie Royale des Pays-Bas.

(Extrait.)

Introduction.

En vertu de la loi du 26 novembre 1847, qui prescrit dans notre pays l'étalon unique d'argent, on frappe à la Monnaie d'Utrecht des pièces de $2\frac{1}{2}$, de 1 et de $\frac{1}{2}$ florins au titre de $945 \pm 1{,}5$, et de la monnaie d'appoint, 25, 10 et 5 cents, au titre de 640 ± 4 millièmes d'argent.

Dans le cours de la fabrication l'alliage monétaire subit certains changements chimiques, surtout à la surface. Le métal bien brassé est coulé en lattes, qui, sorties encore rouges des lingotières, se refroidissent au contact de l'atmosphère et s'y recouvrent d'une pellicule grise, parfois noire, d'oxyde de cuivre. Durant le laminage il est nécessaire de recuire les bandes une ou plusieurs fois; cela se fait dans des fours, où l'alliage est porté à la température convenable en contact avec l'air et avec la flamme du combustible (ordinairement du bois). L'opération du laminage terminée, les bandes sont enduites d'axonge sur leurs deux faces, puis passées au banc à tirer, qui leur donne, partout uniformément, l'épaisseur voulue. Les flans découpés dans les bandes grasses sont débarrassés de leur enduit par le recuit, ensuite ajustés et machinés, et enfin soumis au *blanchiment*. Cette opération consiste à chauffer de nouveau

les flans à une forte chaleur rouge, puis à les plonger immédiatement dans de l'acide sulfurique étendu (contenant 2½ à 3 % d'acide monohydraté), lequel, selon les idées universellement reçues, dissout *tout* l'oxyde de cuivre formé pendant les recuits successifs, tandis que l'argent n'est pas attaqué. — Si cette interprétation est exacte, un flan blanchi ou une pièce de monnaie doivent se composer d'un noyau d'alliage recouvert d'une pellicule d'argent pur.

L'essai des espèces monnayées se fait selon la méthode de Gay-Lussac, dont l'exactitude connue a été considérablement augmentée par les travaux de M. G. J. Mulder [1]), professeur de chimie à l'université d'Utrecht, ainsi que par mon père, Jhr. A. W. G. van Riemsdijk, Inspecteur Essayeur-général et membre de la Commission des Monnaies. En opérant sur un gramme d'argent, le mode d'essai, tel qu'on le pratique chez nous, comporte une erreur qui n'excède pas 0,1 mill.

Pour obtenir à l'aide d'un seul essai le titre vrai d'une pièce de monnaie, il n'est *pas indifférent* de prélever le métal à essayer sur telle ou telle partie de la pièce. En effet, les alliages d'argent et de cuivre contenant 945 et 640 millièmes d'argent sont exposés, à un degré prononcé, à ce qu'on appelle la *liquation* [2]), c'est-à-dire que la proportion d'argent varie dans l'alliage d'un point à un autre. Des expériences faites par mon père ont prouvé, entre autres, que le maximum de la différence de titre entre les différentes parties d'un florin (10 grammes) peut s'élever à 2 millièmes. Il résulte également de ces recherches que le titre de la partie centrale se rapproche beaucoup de celui de la pièce entière, ce qui est en rapport avec le mode suivi, à la Monnaie d'Utrecht, pour découper les flans dans les bandes. On enlève chaque fois, non un seul flan, mais deux flans sur la largeur de la bande, de sorte que le centre du flan ne répond jamais au milieu de la bande, où le titre est un maximum. Cette

[1]) *De Essayeer-methode van het zilver scheikundig onderzocht*, Utrecht, 1857. Cet ouvrage a été traduit en allemand par le Dr Chr. Grimm, Leipzig, 1859.

[2]) Voir, sur la liquation, surtout: Levol, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3me Série, T. XXXI, p. 193 et T. XXXIX, p. 163.

observation déterminait naturellement le point où la prise d'essai devait se faire sur chaque pièce, et rendait, à l'avenir, indépendant de la liquation. Pour la monnaie d'appoint en argent on suit une autre règle, parce que ces pièces sont beaucoup plus petites. On passe au laminoir quatre, six ou huit pièces (cela dépend de la grandeur), on coupe les bandelettes en petits fragments, et, après avoir bien mêlé ceux-ci en les secouant, on y prélève deux essais, qui donnent avec une grande exactitude le titre moyen des pièces [1]).

Le nombre très considérable des essais de titre auxquels l'alliage monétaire avait été soumis, dans les conditions les plus diverses, depuis 1847, avait conduit à quelques résultats qui ne s'accordaient pas avec l'idée ordinaire qu'on s'était formée de la composition d'une pièce d'argent monnayée.

I. Si, en effet, le métal monétaire blanchi consiste en un noyau d'alliage recouvert d'une pellicule d'argent pur, il en résulte nécessairement:

1°. que ses couches superficielles doivent présenter un titre supérieur, non-seulement à celui du noyau, mais aussi à celui du métal blanchi lui-même, c'est-à-dire, du noyau + la pellicule d'argent pur;

2°. que le métal monétaire blanchi, non gratté, doit renfermer plus d'argent que le même métal après le grattage, qui enlève la pellicule d'argent.

---

[1]) Je crois pouvoir annoncer ici que le célèbre chimiste M. J. S. Stas, depuis une couple d'années Commissaire des Monnaies en Belgique, a notablement modifié et perfectionné la méthode de Gay-Lussac, et a exécuté, sur la liquation des alliages d'argent et la prise d'essai sur les pièces monnayées, des recherches très importantes, qui n'ont pas encore été publiées. Pendant un séjour que mon père et moi avons fait à Bruxelles, au mois de mai 1868, M. Stas nous a mis, avec le plus grand empressement, au courant des résultats de ce travail étendu, et des applications auxquelles ils ont donné lieu à la Monnaie belge. Il est à peine besoin de dire que la Monnaie néerlandaise a déjà mis à profit, sous maints rapports, les indications recueillies à Bruxelles, et qu'elle n'a rien tant à cœur que de suivre les progrès de la science dont M. Stas peut être considéré comme un des coryphées.

L'une et l'autre conclusion sont toutefois en opposition directe avec l'expérience, au moins en ce qui concerne l'alliage à 945 mill.

Pour ne citer qu'un exemple, on a trouvé que dans les couches les plus extérieures de fragments blanchis, provenant de bandes pour florins, et dont le noyau contenait 945 mill., le titre s'abaissait à 929,75, 931,5, 938,75 mill. Dans un autre fragment de bande, non gratté, où la proportion d'argent était de 945,6 mill., la couche extérieure n'en renfermait que 933,5 mill., par conséquent 12,1 mill. de moins.

II. Lorsque des pièces d'argent monnayées, qu'on suppose consister en un noyau d'alliage avec une pellicule d'argent, sont fondues dans un creuset, soigneusement entourées et recouvertes de poussier de charbon de bois, en sorte que le cuivre ne puisse s'oxyder, il n'y a aucune raison pour que le bain d'alliage offre constamment un titre plus élevé que celui des pièces avant le fondage, à moins que le cuivre ne se volatilise d'une manière sensible, ce qui jusqu'à présent n'a jamais été observé. Et pourtant, une pareille élévation de titre a été fréquemment constatée à la Monnaie; elle est plus grande à mesure que les pièces sont plus petites. C'est ainsi, par exemple, qu'on a trouvé les valeurs suivantes pour l'élévation de titre résultant de la fonte :

$2\frac{1}{2}$ florins . . . . 0,20 mill.
florins . . . . 0,63 „
$\frac{1}{2}$ florins . . . . 0,71 „

III. Il est encore un troisième fait qui avait attiré l'attention. Lorsqu'on fond des pièces de monnaie neuves dans un creuset sous une couche de charbon en poudre, qu'on brasse la masse liquide, qu'on y puise un certain nombre de *gouttes*, qu'on coule en lingot tout ce qui reste de métal, et qu'on rassemble autant que possible toutes les grenailles éparpillées dans le poussier de charbon qui recouvrait le bain, on trouve toujours que le poids total du lingot, des gouttes et des grenailles est *moindre* que celui des espèces avant la refonte. La différence de poids est ce qu'on nomme le *déchet*. Il est, sans doute, impossible d'exécuter, sans perte aucune,

l'opération qui vient d'être décrite; mais les déchets observés, de 1 à 2 mill., sont trop considérables pour pouvoir être expliqués en entier par cette perte inévitable, surtout quand on prend en considération les quantités assez grandes de métal auxquelles l'opération s'applique. C'est ainsi qu'on a constaté, entre autres, les déchets suivants:

13208	gramm.	en	pièces	de	2½ florins	perdirent	22	gramm.	ou	1,66	mill.
35090	"	"	"	"	"	"	38,5	"	"	1,10	"
18402	"	"	"	"	1 florin	"	28	"	"	1,52	"
4137	"	"	"	"	"	"	8,1	"	"	1,95	"
3453	"	"	"	"	½ florin	"	3,5	"	"	1,01	"

Dans le cours de la fabrication des espèces on éprouve également un déchet. L'alliage qui, coulé en lattes, servira à la confection des flans, s'obtient, dans la fonderie de la Monnaie, en fondant ensemble des lingots d'argent fin et des espèces étrangères d'un titre inférieur à 945 mill. Cette fonte s'accompagne d'un déchet qui, en moyenne, s'élève à 1 pour mille du poids du métal avant la fusion. Sur mille kilogrammes il y en a donc un qui se perd.

Pour expliquer le déchet en question, on a eu recours à l'hypothèse d'une volatilisation partielle de l'argent dans le bain de fusion; mais on n'a pas donné la preuve expérimentale de cette volatilisation.

Tels sont les trois points que j'ai essayé d'élucider par les recherches suivantes. La plupart des expériences ont été exécutées en 1866, sur l'invitation de la Commission des Monnaies; les autres sont d'une date postérieure et ont été entreprises pour compléter les premières.

1. La Méthode.

Comme ce sont exclusivement les couches extérieures de l'alliage monétaire qui pendant le travail sont modifiées chimiquement, une étude attentive de la surface est indispensable pour acquérir la connaissance de la constitution véritable des pièces d'argent monnayées. C'est ce qui avait déjà été reconnu antérieurement, et de diverses expériences on avait conclu que la surface de l'alliage

blanchi est altérée par du chlorure et du sulfure d'argent, des traces d'oxyde de fer, d'acide silicique, etc., ce qui rendrait compte, jusqu'à un certain point, de l'anomalie signalée sous le chef I dans l'*Introduction.* Mais la méthode suivie dans ces expériences, ainsi que les résultats obtenus, ne méritaient pas grande confiance, de sorte que je cherchai un moyen de constater avec certitude, soit la présence, soit l'absence du chlore et du soufre dans les pièces monnayées. Ce but a été atteint en chauffant l'alliage monétaire dans un courant d'hydrogène pur et sec; les moindres traces de chlorure ou de sulfure d'argent sont alors décomposées, avec formation de HCl et de H^2S, qu'on peut recueillir et déterminer quantitativement. Des expériences préliminaires avaient mis hors de doute la valeur de cette méthode, dont l'application a conduit, en effet, à des résultats inattendus.

Mon appareil à dégagement d'hydrogène est tout à fait semblable à celui dont se sert M. H. Sainte-Claire Deville [1]), et fournit pendant des heures entières un courant abondant et constant d'hydrogène. Pour purifier et dessécher le gaz, il fut conduit par un long tube rempli de chaux sodée en gros grains, et par trois tubes en U contenant des fragments de verre imbibés de bichlorure de mercure (suivant le précepte de M. Regnault [2]), d'une dissolution de potasse caustique, et d'acide sulfurique pur et concentré; parfois on ajoutait un quatrième tube renfermant de l'acide sulfurique ou du chlorure de calcium. Dans certaines expériences il était nécessaire d'avoir de l'hydrogène *exempt d'oxygène.* A cet effet, le gaz, après avoir traversé la chaux sodée, passait sur de l'éponge de platine chauffée au rouge (H. Deville [3]), au contact de laquelle les moindres traces d'oxygène sont converties en eau. Pour les expériences sur une grande échelle, il suffisait de faire traverser au gaz une lessive concentrée de potasse et de

[1]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, (3), T. LVIII, p. 272, et T. LXV. p. 334. Voy. aussi: Dingler *Polyt. Journal*, T. CLXVI, p. 344, et Graham-Otto *Lehrbuch der Chemie*, 4e éd., T. II (1), p. 199.

[2]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, (3), T. XIV, p. 211.

[3]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, (3), T. XLIII, p. 24.

l'acide sulfurique concentré. Enfin, dans les derniers temps, je me suis servi, avec succès, de tournure de cuivre chauffée au rouge, laquelle débarrasse l'hydrogène obtenu avec le zinc ordinaire de AsH^3, de H^2S, de O et du carbure d'hydrogène qui communique au gaz son odeur désagréable, méthode indiquée par Mr. E. H. von Baumhauer [1]).

L'hydrogène, en contact avec le chlorure d'argent chauffé, se charge de HCl. Lorsqu'on conduit le mélange de H et de HCl dans de l'eau, de l'ammoniaque liquide, du nitrate d'argent ou de l'eau de chaux, il ne se débarrasse qu'*en partie* de HCl. Mais cet acide est absorbé complétement par la lessive de potasse ou le carbonate de soude, placés sur le passage du courant dans un tube en U rempli de fragments de verre. Comme il est facile d'obtenir le carbonate de soude exempt de chlore, on pouvait, après l'expérience, constater si du chlore avait été fixé ou non. Les plus faibles traces de H^2S, si l'hydrogène en contenait, pouvaient également être découvertes de cette manière. La potasse et aussi, bien qu'à un moindre degré, le carbonate de soude absorbent H^2S avidement, de sorte qu'on avait le moyen de constater, en une seule expérience, si la surface d'une pièce monnayée était altérée, soit par Ag^2S, soit par AgCl, soit par les deux à la fois. Il suffisait, pour cela, d'opérer la recherche qualitative du soufre et du chlore sur le carbonate de soude qui avait livré passage au courant de gaz.

En observant certaines précautions, on peut aussi exécuter, au moyen de la potasse ou du carbonate de soude, la détermination quantitative de HCl et de H^2S. Le mélange gazeux traverse d'abord un tube en U à acide sulfurique concentré, pour arriver parfaitement sec en contact avec la potasse contenue dans un second tube en U, tandis qu'un troisième tube, occupé de nouveau par de l'acide sulfurique, sert à retenir l'eau qui a pu être entraînée du tube à potasse. L'augmentation de poids des deux derniers tubes fait connaître la quantité de HCl qui a été absorbée.

[1]) *Archives Néerlandaises*, T. I, pag. 183.

Lorsqu'il s'agit de déterminer $H^2 S$, on emploie, au lieu d'acide sulfurique, du chlorure de calcium, parce que $H^2 S$ est décomposé par l'acide sulfurique concentré, avec mise en liberté de S (Berzelius). Souvent je me suis servi avec succès, pour rechercher simultanément H Cl et $H^2 S$, de carbonate de soude chimiquement pur; l'examen de ce sel, après l'opération, me permettait de déterminer ce qui avait été absorbé, chose impraticable quand on fait usage de potasse, à cause de la difficulté qu'il y a à obtenir cette substance exempte de chlore et de soufre. Mais, comme l'absorption de H Cl ou de $H^2 S$ par le carbonate de soude s'accompagne du dégagement d'acide carbonique, celui-ci devait être retenu dans le second tube de dessiccation, au moyen d'une couche de chaux sodée placée en avant du chlorure de calcium. Les appareils étant pesés originairement remplis d'air, il fallait, après l'expérience, y remplacer l'hydrogène par de l'air sec et privé d'acide carbonique.

A l'aide de cette méthode j'ai pu me convaincre:

1°. Que le chlorure d'argent, chauffé dans l'hydrogène, commence à perdre du chlore bien au-dessous de son point de fusion (situé vers 260° C.), en passant probablement à l'état de sous-chlorure, puis se décompose d'une manière complète à une température plus élevée.

2°. Que le chlorure d'argent, étendu en couche mince (obtenue en chauffant le métal dans le chlore gazeux) sur l'argent pur ou sur son alliage avec le cuivre à 945 mill. de fin, peut être déterminé quantitativement avec beaucoup d'exactitude.

Une lame d'argent pur, couverte de chlorure d'argent et pesant 0,4451 gramm, perdit dans l'hydrogène 0,0179 gramm. de chlore, donnant 0,0184 gramm. H Cl. L'augmentation de poids des tubes d'absorption s'élevait aussi précisément à 0,0184 gramm.

Une lame d'alliage, couverte de chlorure d'argent et pesant 2,6649 gramm., perdit dans l'hydrogène 0,0557 gramm. Cl, donnant 0,0573 gramm. H Cl. La quantité de H Cl absorbée s'élevait à 0,0564 gramm.; il n'y avait donc qu'une différence de 0,0009 gramm., attribuable à la volatilisation d'une trace de chlorure de cuivre.

3°. Que des quantités minimes de sulfure d'argent peuvent être reconnues distinctement par échauffement dans l'hydrogène, car une petite lame d'argent pur, sur laquelle on avait fixé (en la chauffant dans H^2S) seulement 0,5 mgr. S, dégagea H^2S d'une manière *très appréciable* par l'odorat ou par une bandelette de papier imprégnée d'un sel de plomb.

4°. Que l'hydrogène sulfuré, dégagé en chauffant dans H du sulfure d'argent pur et sec, est retenu sans perte dans les tubes d'absorption. 2,5268 gramm. Ag^2S perdirent 0,18 gramm. S, donnant 0,1908 gramm. H^2S. La quantité de H^2S absorbée fut trouvée de 0,1908 gramm. — Dans une seconde expérience on constata une perte de 0,1415 gramm. S, donnant 0,1505 gramm. H^2S, et, d'un autre côté, une absorption de 0,15 gramm. H^2S; par conséquent, un accord très satisfaisant.

Dans beaucoup d'expériences j'ai utilisé la propriété du gaz hydrogène de réduire les oxydes métalliques. Pour déterminer quantitativement l'eau à laquelle cette réduction donne naissance, je faisais passer le courant gazeux par un petit tube contenant de l'acide sulfurique concentré ou du chlorure de calcium, en observant les précautions suivantes:

1°. L'hydrogène, le tube qu'il traverse, les bouchons percés qui ferment le tube, et la matière soumise à la réduction doivent être parfaitement secs. Lorsque, à son entrée, le courant gazeux a été desséché par l'acide sulfurique, c'est aussi l'acide sulfurique (non le chlorure de calcium [1]) qu'on doit employer pour fixer l'eau que le courant d'hydrogène emporte. Le courant dont j'ai fait usage était complétement sec, ainsi que je m'en suis assuré par deux expériences spéciales.

2°. L'hydrogène doit être aussi exempt que possible d'oxygène lorsque l'opération de réduction se fait à la chaleur rouge, parce que, l'oxygène en mélange passant à l'état d'eau dans ces circonstances, le dosage de l'eau donnerait un résultat trop élevé.

[1]) Voy. à ce sujet l'important travail de M. Fresenius: *Zeitschrift für analyt. Chemie*, T. IV, p. 177.

De là l'emploi de l'éponge de platine, déjà indiqué ci-dessus (p. 352). J'ai déterminé dans sept expériences l'erreur qui s'introduit dans le dosage de l'eau quand de l'hydrogène sec traverse pendant ½ à 1 heure un tube de porcelaine porté au rouge. L'augmentation de poids du tube de dessiccation fut trouvée, en moyenne, de 3 mgr. Mais, quand on se sert de tubes un peu larges (3—4 centim. de diamètre intérieur), qui demandent des bouchons de grandes dimensions, il n'est pas possible d'empêcher ceux-ci d'absorber un peu de vapeur d'eau, d'où résulte une erreur qui compense ordinairement celle dont il vient d'être question, mais qui parfois la surpasse de plusieurs milligrammes.

---

2. Examen chimique de l'alliage monétaire dans les différentes phases du travail.

Avant d'entreprendre l'examen qu'indique le titre de ce paragraphe, j'ai fait quelques recherches préliminaires sur des pièces neuves de ½ florin, qui n'avaient pas encore circulé. Quatre fragments d'une de ces pièces furent chauffés, au moyen d'une lampe de Bunsen, dans un tube de verre, au sein d'un courant d'hydrogène qui passait ensuite sur du carbonate de soude: pas une trace de HCl ne fut absorbée. Le même résultat fut obtenu, à différentes reprises, avec d'autres pièces. On trouva seulement, à la surface des pièces de ½ florin, une trace de soufre. On procéda ensuite à la recherche du chlore et du soufre dans la masse intérieure du métal. A cet effet, le métal fut fondu dans un tube de porcelaine, au contact d'un courant d'hydrogène reçu sur le carbonate de soude: HCl ne put être décelé dans le sel, mais on y trouva une très petite quantité de H^2S, trop peu, toutefois, pour que, en opérant sur environ 10 grammes d'alliages, une détermination quantitative fût possible.

Deux points attirèrent, en outre, mon attention: 1°. L'éclat des pièces de monnaies s'était perdu entièrement par l'échauffement

dans l'hydrogène; leur surface était restée blanc d'argent, mais avait acquis un aspect *mat* prononcé. 2°. Le métal, pesé avant et après l'expérience, avait diminué en poids d'une manière appréciable. Ce fait ne pouvait être expliqué par une perte de Cl ou de S, car, comme nous l'avons vu, le chlore n'existe pas dans le métal, et le soufre ne s'y rencontre qu'en quantité non pondérable. Douze pièces de $\frac{1}{2}$ florin, d'un poids total de 60,0302 gramm., avaient perdu 0,0457 gramm. ou 0,76 millièmes.

Comme il ne pouvait être question d'humidité adhérente, le métal ayant été parfaitement sec lors de la pesée, il ne restait d'autre alternative que d'admettre qu'il y avait eu ici réduction *d'oxyde de cuivre* existant immédiatement au-dessous de la surface des pièces de $\frac{1}{2}$ florin.

Il n'était pas difficile de fournir la preuve que l'alliage, chauffé dans l'hydrogène, perd de l'oxygène, qui s'échappe, sous forme d'eau, en quantité pondérable: il suffisait pour cela de combiner avec l'opération de réduction un dosage de l'eau, exécuté comme il a été dit plus haut (p. 355).

a. Deux pièces de $\frac{1}{2}$ florin perdirent 0,008 gramm. d'oxygène, donnant 0,009 gramm. H^2O. Le tube à acide sulfurique avait absorbé 0,0104 gramm.

b. Quatre pièces de $\frac{1}{2}$ florin perdirent 0,015 gramm, répondant à 0,0169 gramm. H^2O. Le tube à acide sulfurique avait fixé 0,0187 gramm.

Ces résultats confirmaient l'explication que je m'étais donnée du phénomène; les petites différences de 1,4 et 1,8 mgr. doivent être attribuées aux erreurs inévitables des expériences.

Arrivé à ce point, je crus qu'il y aurait de l'intérêt à étudier, sur une assez grande échelle, le rôle joué par l'oxyde de cuivre qui se forme sur l'alliage monétaire dans le cours de la fabrication. Je pris donc, pour mes recherches ultérieures, 15 lattes, pesant ensemble 50,10 kilogrammes et destinées à la fabrication de pièces de $2\frac{1}{2}$ florins.

L'essai titral de ces lattes (deux essais pour chaque latte) donna

un titre moyen de 945 mill., c'est-à-dire exactement le titre prescrit par la loi.

La surface d'une des lattes fut étudiée dans le courant d'hydrogène. On exécuta à cet effet trois expériences, sur des fragments de la latte qui pesaient, après avoir été soigneusement nettoyés et séchés, 452,604, 472,202 et 367,470 grammes. Ces fragments furent chauffés au rouge dans un tube de porcelaine, et on dosa l'eau, l'acide chlorhydrique et l'acide sulfhydrique qui se dégagèrent. La perte de poids s'éleva en moyenne à 0,06 mill., et était due presque exclusivement à de l'oxygène, provenant de l'oxyde de cuivre qui s'était formé à la surface de la latte pendant le refroidissement.

Deux autres fragments de la latte furent fondus dans l'hydrogène; le résultat de cette expérience fut, que 842,944 gramm. d'alliage perdirent 0,0216 gramm. ou 0,02 mill. de soufre, tandis que le chlore ne put y être décelé.

De l'oxygène à la surface, et du soufre dans la masse, tous deux en proportion très faible, voilà donc, parmi les métalloïdes, les seules impuretés notables qui altèrent l'alliage des lattes, et qui peuvent en être séparées par l'échauffement au rouge et la fusion dans une atmosphère d'hydrogène.

Les 14 autres lattes furent passées au laminoir, et les bandes, de même que les flans qui en provinrent, furent portées au rouge à différentes reprises, afin de pouvoir bien constater l'influence de ces recuits successifs.

Chaque fois, on faisait rougir dans l'hydrogène une fraction du métal sur lequel on opérait, et on conduisait le courant gazeux dans les tubes d'absorption, ce qui faisait connaître le changement chimique subi par la surface.

Pendant le *premier recuit* les bandes, pesant 46664,5 grammes, avaient gagné 11,5 gramm. ou 0,25 mill., consistant, pour une partie, en oxygène fixé par le cuivre de la surface, pour le reste en crasses dont il était difficile de débarrasser les bandes.

Dans quatre essais de réduction par l'hydrogène, 987,729 gramm. d'une des bandes (préalablement nettoyée) perdirent en

poids 0,126 gramm. ou 0,13 mill., perte due exclusivement à l'oxygène, car ni HCl, ni H^2S, ne s'étaient dégagés en quantité pondérable.

Il se peut que les autres bandes aient absorbé, les unes un peu plus, les autres un peu moins d'oxygène, de sorte qu'en moyenne on pourrait admettre, sur toutes les bandes, 0,15 mill. O, ayant produit $0,15 \times 4,97 = 0,75$ mill. d'oxyde de cuivre.

Deuxième recuit. Celui-ci donna lieu pour les bandes, pesant 45052,5 gramm., à une augmentation de poids de 6 gramm. ou 0,13 mill.

Je portai au rouge dans l'hydrogène (quatre essais) 40 flans découpés sur ces bandes. L'opération se fit dans une nacelle de porcelaine placée dans un tube de porcelaine. 997,410 gramm. de métal perdirent 0,263 gramm. ou 0,26 mill., dont 0,008 mill. seulement étaient du soufre, tout le reste de l'oxygène.

Dans le premier recuit il avait été absorbé 0,15 mill., et dans le second $0,26 - 0,15 = 0,11$ mill. O. Il en résulte que l'augmentation du poids des bandes, après le second recuit, est due presque en entier à l'oxydation.

Troisième recuit. Les bandes furent enduites de graisse, passées au banc à tirer et découpées en flans pour pièces de $2\frac{1}{2}$ florins. Les flans furent chauffés au rouge pour les débarrasser de la matière grasse. Ce recuit donna encore lieu à une augmentation de poids, savoir, de 5,5 gramm. ou 0,19 mill. (sur 1131 flans, pesant 28217 gramm. et couverts de 14 gramm. de graisse).

Un *quatrième recuit*, pratiqué sur les flans, leur fit *perdre* 1,5 gramm., tandis qu'un *cinquième recuit* leur fit gagner de nouveau 3,5 gramm., de sorte que le résultat total de ces deux opérations fut un gain de $3,5 - 1,5 = 2$ gramm. ou 0,07 mill. Ce fait est remarquable, car il prouve qu'après avoir été chauffée un certain nombre de fois, la surface de l'alliage monétaire n'est plus modifiée par les recuits ultérieurs. Il peut s'expliquer par la circonstance qu'à la Monnaie d'Utrecht les recuits se font au contact de la flamme du combustible, qui lèche la surface du métal. Cette flamme ne renferme pas seulement des éléments oxydants, mais

aussi des principes réducteurs, par exemple les particules de charbon en ignition qui communiquent à la flamme sa propriété lumineuse. On peut donc se représenter que, dans des circonstances favorables, il se réduit plus d'oxyde de cuivre à la surface des bandes ou des flans qu'il ne s'en forme, de sorte qu'en définitive, au lieu d'une augmentation de poids, on observe une diminution, ainsi que l'a montré la pesée après le 4me recuit. On s'explique aussi, de cette manière, pourquoi une partie des flans offrent une surface grise, presque noire (par l'oxyde de cuivre), une autre partie, au contraire, une surface rougeâtre (par le cuivre réduit). Dans le premier cas, la flamme du four à recuire a exercé une action oxydante, dans le second, une action réductrice. Cette réduction, toutefois, est très superficielle et incapable de ramener *tout* l'oxyde de cuivre à l'état métallique, comme j'ai pu m'en assurer dans un grand nombre d'essais de réduction par l'hydrogène. Lorsqu'on recuit l'alliage monétaire dans l'air pur, à l'abri du contact des gaz du fourneau, la quantité d'oxygène absorbé est beaucoup plus considérable. 252,039 gramm. d'une bande ne contenant pas d'oxygène, chauffés au rouge dans un tube de porcelaine (ouvert aux deux côtés), fixèrent 0,599 gramm. ou 2,37 mill. La première application de la chaleur rouge donna lieu à la plus forte absorption d'oxygène (0,85 mill.); les applications suivantes (au nombre de six, en tout) en fixèrent de moins en moins (0,39 — 0,18 mill.). Il n'est pas nécessaire que le cuivre se trouve immédiatement à la surface, pour qu'il soit attaqué par l'oxygène de l'air. Car, en faisant rougir à l'air 151,4855 gramm. de fragments de pièces de $2\frac{1}{2}$ florins, blanchies et privées d'oxygène, on constata une absorption de 0,179 gramm. ou 1,17 mill. d'oxygène, qui avait pénétré à travers la couche superficielle d'argent pur.

Revenons aux flans recuits cinq fois. 32 de ces flans, pesant 800,339 gramm., furent chauffés dans l'hydrogène (deux essais), ce qui occasionna une perte de poids de 0,298 gramm. ou 0,36 mill.; cette perte était due exclusivement à de l'oxygène, car la minime quantité de soufre qui existait dans les flans, 0,01 mill. environ, peut être négligée.

Le blanchiment. 1100 flans, contenant en moyenne 0,36 mill. d'oxygène ou 1,8 mill. d'oxyde de cuivre, furent pesés (27446,5 gramm.), chauffés au rouge et plongés dans de l'acide sulfurique étendu, à 3 p. c. de monohydrate; ils perdirent 9,5 gramm. ou 0,34 mill., c'est-à-dire 8,6 mgr. par flan. A cette perte il faut ajouter l'augmentation de poids *a* éprouvée par les flans pendant qu'on les chauffait au rouge, augmentation qui est inconnue, mais dont la valeur en tout cas ne sera pas considérable, vu le peu d'influence des recuits répétés. Outre l'oxyde de cuivre, les flans perdent quelques crasses, dont le poids peut, sans grande erreur, être supposé égal à *a*, de sorte qu'on ne risque pas de se tromper beaucoup en mettant la perte trouvée sur le compte de l'oxyde de cuivre *seul.* Dans 0,34 mill. d'oxyde de cuivre il entre 0,07 mill. d'oxygène. Le blanchiment n'a donc enlevé aux flans que 0,07 mill. O, tandis qu'ils en renfermaient, avant le dernier recuit, 0,36 mill. Ainsi la plus grande partie de l'oxygène, et par conséquent de l'oxyde de cuivre, est demeurée sur les flans, en dépit du blanchiment. On peut même se figurer le cas où la teneur en oxygène des flans n'éprouve, par le blanchiment, aucun changement quelconque. En supposant, en effet, que des flans chargés de 0,36 mill. d'oxygène absorbent encore 0,07 mill. de ce gaz pendant le recuit qui précède l'immersion dans l'acide sulfurique étendu, et que par le blanchiment ils ne perdent pas plus de 0,07 mill., la proportion d'oxygène, après cette opération, *restera* 0,36 *mill.* Or ce cas paraît s'être réalisé pour nos 1100 flans, car 10 réductions par l'hydrogène, exécutées sur 1773,5563 grammes de métal blanchi, ont donné une perte de poids de 0,6433 gramm., représentant 0,36 mill. O, vu qu'on ne put découvrir que de faibles traces de soufre et de chlore. Sur chacun des flans pour pièces de 2½ florins il existait 9 mgr. O, formant 45 mgr. d'oxyde de cuivre.

Il y a un moyen bien simple de mettre immédiatement en évidence la présence de l'oxyde de cuivre sur l'alliage monétaire blanchi, et par conséquent aussi sur une pièce monnayée. On n'a qu'à déposer à la surface une goutte d'acide nitrique con-

centré; à la température ordinaire cet acide ne dissout que l'argent, et laisse l'oxyde de cuivre sous forme d'une *tache parfaitement noire.* Ce phénomène ne se produit pas quand le métal a été préalablement chauffé au rouge dans l'hydrogène, parce qu'alors l'oxyde de cuivre, cause de la coloration en noir, n'existe plus.

3. Détermination de la quantité d'oxyde de cuivre dans les pièces monnayées.

J'ai étudié sous ce rapport, non-seulement les monnaies néerlandaises, mais aussi quelques monnaies étrangères. La méthode était simple: il suffisait de déterminer la perte de poids que les pièces, préalablement nettoyées et séchées, subissaient quand on les chauffait au rouge dans l'hydrogène. Dans ces conditions, l'oxyde de cuivre contenu dans le métal abandonne son oxygène, et la détermination de cette perte conduit à la connaissance de la quantité d'oxyde de cuivre qui a été décomposée.

J'ai effectué ces recherches à différentes époques, apportant chaque fois quelque amélioration à l'exécution de ma méthode.

Quand il s'agissait de pièces monnayées de petite dimension telles que III—VII (V. le tableau où les résultats se trouvent réunis), je me servais d'un tube de porcelaine, dans lequel les pièces étaient introduites, soit directement, soit contenues dans une nacelle de porcelaine ou de fer forgé. Primitivement, la réduction des grandes pièces, par ex. I et XI, eut lieu également dans un tube de porcelaine, ce qui exigeait que ces pièces fussent divisées en fragments. Plus tard, j'ai opéré sur une plus grande échelle, de façon à pouvoir chauffer au rouge dans l'hydrogène, par exemple, 160 écus de cinq francs à la fois. J'employais pour cela un tube de fer forgé, long de 135 centimètres, d'un diamètre intérieur de 6 cm. et d'une épaisseur de paroi de 0,4 cm. A chacune des deux extrémités du tube, la section perpendiculaire de la paroi est dressée et usée avec soin, de manière à pouvoir être serrée fortement, au moyen de deux coins convenablement disposés, contre la section égale et pareillement dressée d'une

tubulure en fer, de forme conique et terminée en cylindre creux de 2,5 cm. de diamètre. Cette ouverture est fermée par un bouchon de liége, qui livre passage au tube de verre donnant accès ou issue au courant gazeux. L'expérience a prouvé que cette jonction au moyen de deux surfaces planes, simplement juxtaposées, répondait parfaitement au but: elle s'est montrée imperméable aux gaz, aussi bien à la température ordinaire qu'à la chaleur rouge. Un lut réfractaire [1]) protégeait le tube contre l'action corrodante du feu de charbon de bois, au milieu duquel il était placé dans un grand fourneau rectangulaire en tôle. La perméabilité du fer forgé pour l'hydrogène, sur laquelle M. H. Deville a attiré l'attention [2]), paraît se manifester surtout à la chaleur blanche; au moins n'en ai-je pas observé de trace dans mes expériences de réduction, qui ne dépassaient guère la chaleur rouge. Il y avait place dans le tube pour quatre nacelles de fer, dont chacune, longue de 24 centim., pouvait contenir 40 pièces de monnaie, placées verticalement, sans se toucher, de sorte que le gaz avait un libre accès à chaque partie de la surface. Le tube et les nacelles avaient été chauffés préalablement, pendant plusieurs heures, à une forte chaleur rouge, au mileu d'un courant d'hydrogène, afin de les débarrasser de la rouille et des crasses.

Les résultats obtenus (V. le tableau à la page suiv.) donnent lieu aux observations suivantes:

1°. Parmi toutes les catégories de pièces examinées, il n'y en aucune qui soit *exempte d'oxygène;* toutes renferment plus ou moins d'oxyde de cuivre.

Pour les pièces de dimensions à peu près égales, en ne tenant pas compte de la différence des titres, on a:

Diamètre 36, 37 et 38 mm.

minimum: pièces de 5 francs belges, avec 0,06—0,09 mill. O.
maximum: pièces de 2½ florins néerlandaises., avec 0,28—0,40 mill. O.

[1]) Ce lut se compose d'un mélange d'argile plastique, de brique réfractaire en poudre et d'un peu de poil de vache, le tout corroyé avec de l'eau en une pâte ferme, dont on revêt le tube.

[2]) *Comptes rendus*, T. LIX, p. 102.

24 *

Numéro d'ordre.	Nom de l'État.	Nom des pièces.	Titre légal.	Poids légal.	Diamètre.	Millésime.	Nombre des pièces.	Nombre des réductions.	Poids avant la réduction.	Perte en poids après la réduction.			Oxyde de cuivre.
										en grammes.	en millièmes.	de chaque pièce.	
			mill.	gram.	mm.				gram.			milligr.	mill.
I	Pays-Bas.	2½ florins	945 ± 1.5	25 ± 0.050	38	1867	30	3	749.617	0.3045	0.40	10.0	2.0
II	"	"	"	"	"	"	fragments	8	4853.336	1.382	0.28	7.0	1.4
III	"	Florin.	"	10 ± 0.030	28	1865	100	4	1000.302	0.502	0 50	5.0	2.5
IV	"	½ florin.	"	5 ± 0.025	22	1866	200	5	1000.146	0.685	0.68	3.4	3.4
V	"	25 cents.	640 ± 4	3.575 ± 0.0215	19	1868	29	1	103.466	0.012	0.11	0.41	0.55
VI	"	10 cents.	"	1.40 ± 0.014	15	1868	500 [1]	5	685.518	0.058	0.08	0.11	0.40
VII	"	5 cents.	"	0.685 ± 0.0082	12.5	1868	500 [1]	5	329.878	0.061	0.17	0.12	0.84
VIII	Belgique.	5 francs.	900 ± 2	25 ± 0.075	37	1849	20	1	499.192	0.030	0.06	1.5	0.30
IX	"	"	"	"	"	1858 [2]	40	2	1000.356	0.062	0.06	1.5	0.30
X	"	"	"	"	"	1865 [2]	40	2	1000.875	0.093	0.09	2.3	0 45
XI	France.	5 francs.	900 ± 2	25 ± 0.075	37	divers	100	10	2491.671	0.534	0.21	5.3	1.05
XII	"	"	"	"	"	1837	10	1	249.945	0.090	0.36	9.0	1 80
XIII	"	"	"	"	"	1845	20	2	499.604	0.056	0.11	2.8	0.55
XIV	"	"	"	"	"	1848	10	1	249.750	0.034	0.13	3.4	0.65
XV	"	"	"	"	"	1849	10	1	249.905	0.097	0.39	9.7	1.95
XVI	"	"	"	"	"	1850	10	1	249 496	0.025	0 10	2.5	0.50
XVII	"	"	"	"	"	1851	10	1	249.656	0.059	0.23	5.9	1.15
XVIII	"	"	"	"	"	1852	20	2	498.980	0.118	0.23	5.9	1.15
XIX	"	"	"	"	"	1855	10	1	249.554	0.042	0.17	4.2	0.85
XX	"	"	"	"	"	1856	20	1	499 220	0.119	0.23	5.9	1 15
XXI	Pérou.	Sol.	900 ± 3	25 ± 0.075	37	1866	20	2	500 105	0.066	0.13	3.3	0.65
XXII	"	"	"	"	"	1867	20	2	500.024	0.072	0.14	3.6	0 70
XXIII	"	Medio-sol.	"	12.5 ± 0.0625	30	1859	11	1	129.805	0.050	0.38	4.5	1.90
XXIV	"	"	"	"	"	1865	22	1	275.297	0.067	0.24	3.0	1 20
XXV	Bolivie.	Peso Ponderal.	900 ± 3	20	36	1862	20	2	398.153	0.083	0.20	4.1	1.90
XXVI	"	"	"	"	"	1863	20	2	400.466	0.076	0.19	3.8	0 95
XXVII	"	Peso Boliviano.	"	25	"	1867	40	4	995.593	0.212	0.21	5.3	1.05

[1]) Pièces rejetées, comme trop légères.

[2]) Ces pièces étaient tout à fait neuves; le reste, de même que les pièces françaises et les autres pièces étrangères, avait circulé, mais très peu

Diamètre 28 et 30 mm.

minimum: medio-sols du Pérou, avec 0,24—0,38 mill. O.
maximum: florins des Pays-Bas, avec 0,5 mill. O.

Si l'on compare entre elles les pièces ayant à la fois la même dimension et le même titre, on trouve:

minimum: pièces de 5 francs belges, avec 0,06—0,09 mill. O.
maximum: „ „ „ „ françaises „ 0,10—0,39 „ „

Entre ces deux extrêmes se placent les pièces péruviennes et boliviennes.

2°. Dans les monnaies qui s'accordent par le titre mais qui diffèrent par la dimension, la proportion d'oxygène est plus grande à mesure que les pièces sont plus petites:

Titre 945 mill.

pièces de 2½ florins. . . . . 0,28—0,40 mill. O.
„ „ 1 florin . . . . 0,5 „ „
„ „ ½ „ . . . . 0,68 „ „

Titre 900 mill.

sols. . . . . 0,13—0,14 mill. O.
medio-sols. . . . . 0,24—0,38 „ „

Pour la monnaie d'appoint des Pays-Bas,
titre 640 mill.

pièces de 25 cents. . . . . 0,11 mill. O.
„ „ 10 „ . . . . 0,08 „ „
„ „ 5 „ . . . . 0,17 „ „

il y a un petit écart de la règle qui vient d'être donnée, car, d'après l'expérience, les pièces de 25 cents, bien que plus grandes, contiennent 0,03 mill. d'oxygène *de plus* que les pièces de 10 cents. Cette anomalie trouve, toutefois, son explication dans le fait que les premières de ces pièces avaient été blanchies au bitartrate de potasse, et non à l'acide sulfurique comme le reste de la monnaie d'appoint; on n'avait donc pas opéré, pour ces pièces, dans les mêmes conditions.

Un calcul très simple montre que la quantité d'oxygène, et par conséquent aussi celle d'oxyde de cuivre, qui existe sur des pièces du même titre et fabriquées par le même procédé, est très approximativement proportionnelle à la superficie de ces pièces. Il n'y a pas lieu d'en être surpris, car la superficie détermine la quantité de cuivre qui est en contact avec l'air extérieur; c'est de la surface que part l'oxydation. C'est aussi à la surface que se borne l'influence du blanchiment.

3°. A quoi faut-il attribuer le fait que les monnaies légales néerlandaises, bien que plus pauvres en cuivre (55 mill.), renferment plus d'oxygène, et par conséquent plus d'oxyde de cuivre, que les pièces étrangères de même dimension que j'ai examinées et dont la proportion de cuivre s'élève à 100 mill.?

L'explication doit être cherchée dans la circonstance que la fabrication ne se fait pas, dans les divers Hôtels des Monnaies, d'après des procédés rigoureusement identiques. Tel est, au moins, le cas pour les pièces françaises et belges.

En France [1]), de même que chez nous, l'alliage monétaire est recuit plusieurs fois, et les flans sont jetés *incandescents* dans de l'acide sulfurique étendu; mais ce dernier marque 5° à l'aréomètre de Baumé, ce qui répond à 5 p. c. d'acide monohydraté, tandis qu'à la Monnaie d'Utrecht le liquide à blanchir n'en contient jamais plus de 3 p. c. Il est indubitable que l'acide plus concentré attaque plus énergiquement la surface des flans, de sorte qu'il y reste moins d'oxyde de cuivre.

C'est surtout dans les pièces belges que la proportion d'oxygène est faible, 0,06 à 0,09 mill. seulement. Mais le mode de fabrication rend parfaitement compte de cette particularité, ainsi que j'ai pu m'en assurer moi-même à Bruxelles. D'abord: comme on travaille sur des lattes minces, qui n'ont besoin que de peu de laminage pour acquérir l'épaisseur voulue, il est inutile de les recuire pendant cette opération. Et, en second lieu: les flans ne sont *jamais* jetés *incandescents* dans le liquide à blanchir

[1]) Voy. Pelouze et Fremy, *Traité de chimie générale*, 2e éd., T. III, p. 344.

(lequel contient, comme chez nous, 2,5 à 3 p. c. d'acide monohydraté), mais on les laisse, au contraire, refroidir complétement. Les flans sont alors introduits dans un tambour de cuivre, qui plonge à moitié dans l'eau acide chauffée près de l'ébullition; on imprime pendant un quart d'heure un mouvement très lent de rotation à ce tambour. Le blanchiment est ainsi très parfait. A mon avis, cette méthode mérite la préférence. Quand on plonge les flans chauffés au rouge dans le liquide à blanchir, l'action chimique est trop subite; il se forme une petite couche d'argent d'une grande compacité, qui empêche l'oxyde de cuivre situé au-dessous d'être attaqué. Opère-t-on au contraire comme en Belgique, la dissolution se fait d'une manière graduelle, et la couche extérieure d'argent pur, en vertu de sa porosité, laisse pénétrer l'acide, qui finit par enlever complétement l'oxyde de cuivre; c'est ce qui résulte de mes expériences de réduction.

Cette modification de la méthode de blanchiment a été essayée à la Monnaie d'Utrecht, il y a quelques mois, à l'occasion de la fabrication d'une certaine quantité de pièces de 10 et de 5 cents.

Le résultat a été favorable; car, en dépit du bas titre de ces pièces, 640 mill., on trouva que la quantité d'oxygène restée sur les flans ne s'élevait pas à plus de 0,08 et 0,17 mill. (V. le tableau, n°s VI et VII).

4°. L'oxygène fixé sur les pièces monnayées d'argent est-il en entier uni au cuivre, à l'état d'oxyde de cuivre?

Le remarquable travail de M. Graham [1]) sur l'*occlusion* de gaz par divers métaux, travail dont je n'ai eu connaissance que lorsque la plupart de mes expériences étaient déjà achevées, donne lieu de penser qu'une réponse négative doit être faite à la question posée ci-dessus. Une portion de l'oxygène absorbé est fixée, sans nul doute, d'une manière physique par l'*argent* de l'alliage. M. Graham, en effet, a mis en pleine évidence que l'*argent* (pour ne pas parler d'autres métaux), chauffé au rouge dans l'oxygène et refroidi dans ce gaz, le dissout en quelque sorte dans sa masse,

[1]) *Philos. Trans.* T. CLVI, p. 415; *Phil. Mag* (4) T. XXXII, p. 503 (1867).

l'occlude suivant l'expression de M. Graham, pour l'abandonner de nouveau quand on chauffe dans le vide. Dans les mêmes circonstances, l'hydrogène est également absorbé et dégagé par l'argent, mais en proportion beaucoup moindre.

Le pouvoir dissolvant de l'*argent fondu* pour l'oxygène est connu depuis longtemps: Samuel Lucas [1]) avait déjà, en 1819, attiré l'attention sur ce fait, qui fut confirmé ensuite par Gay-Lussac [2]), par H. Rose [3]) et par d'autres savants. Mais, quant à l'absorption de l'oxygène par l'*argent à l'état solide*, ce fait, si bien en harmonie avec le premier, a été mis au jour pour la première fois par M. Graham.

Les résultats des expériences de M. Graham ont été donnés par lui en volumes. J'ai calculé en parties pondérales ceux de ces résultats que je communique ici, cette forme répondant mieux au but que j'ai en vue.

a. 108,8 gramm. de fil d'argent (d'un diamètre de 2 mm.), préalablement chauffés au rouge dans le vide, absorbèrent à la chaleur rouge, dans l'oxygène pur, environ 0,1 mill. O.

b. De l'argent très divisé, provenant de la réduction du chlorure d'argent, fut porté au rouge dans l'air ordinaire. En le chauffant ensuite au rouge dans le vide, il abandonna 0,075 mill. O.

c. De l'éponge d'argent (obtenue par réduction de l'oxyde) absorba dans trois expériences 0,83, 1,1 et 1,02 mill. O.

d. 500 bandelettes d'argent pur en feuille mince (pesant ensemble 12,5 gramm.), rougies d'abord à l'air, puis chauffées dans le vide, perdirent 0,21 mill. de gaz consistant essentiellement en oxygène.

e. L'expérience suivante est très remarquable. Du fil obtenu par étirage d'alliage monétaire anglais (à 925 mill. de fin) fut chauffé au rouge dans l'air; il se forma naturellement de l'oxyde de cuivre. En faisant rougir ensuite dans le vide, de l'oxygène

[1]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, T. XII, p. 402.

[2]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, T. XLV, p. 221.

[3]) Dingler's *Polyt. Journ.*, T. CII, p. 299.

se dégagea en abondance, non-seulement de l'argent, mais aussi de l'oxyde de cuivre, car l'oxyde noir visible à la surface avait disparu après l'expérience.

f. Du fil d'argent (108,8 gramm.) débarrassé, par l'application de la chaleur rouge dans le vide, des dernières traces de gaz, n'absorba, quand on le chauffa dans l'hydrogène, que 0,002 mill. H. Dans une autre expérience, de l'éponge d'argent fixa 0,008 mill. H. Ainsi, le pouvoir d'occlusion de l'argent est beaucoup plus faible pour l'hydrogène que pour l'oxygène.

Au point de vue de mes propres recherches on peut déduire du travail de M. Graham les quatre conséquences suivantes:

1°. Les recuits auxquels l'alliage monétaire est soumis donnent lieu, en outre de la production de l'oxyde de cuivre, à l'occlusion d'oxygène par l'argent de l'alliage.

2°. Il n'y aucun motif d'admettre que l'oxygène absorbé par l'argent soit chassé par le blanchiment, tandis qu'il est très probable que, par l'échauffement dans l'hydrogène, cet oxygène est enlevé *complétement* sous forme d'eau. Cela est d'autant plus admissible, que l'hydrogène lui-même n'est retenu par l'argent, à la chaleur rouge, qu'en quantité très minime.

3°. On ne s'éloigne peut-être pas beaucoup de la vérité par l'hypothèse que les flans blanchis et les pièces monnayées, lorsque leur teneur en oxygène ne dépasse pas 0,1 mill, contiennent ce gaz principalement *à l'état d'occlusion*. Tel serait le cas des pièces de 5 francs belges et de la monnaie d'appoint néerlandaise, lesquelles sont blanchies d'une manière très parfaite. Quand la proportion d'oxygène est plus considérable, comme pour les pièces françaises et les monnaies légales des Pays-Bas, c'est surtout dans *l'oxyde de cuivre* qu'il faut en chercher la cause.

4°. A la rigueur, la détermination de la quantité d'oxygène par réduction dans l'hydrogène donne toujours un chiffre *trop bas*, parce que le métal réduit a absorbé et retenu de l'hydrogène par occlusion. Heureusement que, par suite du faible pouvoir d'occlusion pour l'hydrogène, cette erreur est si petite qu'il est inutile d'en

tenir compte. D'ailleurs, elle est compensée par les traces de soufre et d'autres impuretés qui abandonnent, en même temps que l'oxygène, le métal blanchi, lorsqu'on le chauffe au rouge dans l'hydrogène.

4. La constitution chimique des monnaies légales néerlandaises, et l'amélioration du titre par la refonte au contact du charbon.

La présence de l'oxyde de cuivre sur les pièces nouvellement monnayées de $2\frac{1}{2}$, 1 et $\frac{1}{2}$ florins rend complétement raison des deux faits, jusqu'alors inexpliqués, dont il a été question dans l'Introduction, sous les chefs I et II.

Si l'on se représente, ainsi que mes expériences y autorisent, une pièce de monnaie comme formée de trois parties constituantes hétérogènes, savoir, un noyau d'alliage d'argent et de cuivre, une couche d'argent mélangé d'oxyde de cuivre, et une pellicule superficielle d'argent pur, il est facile de voir:

1°. Que les couches extérieures possèdent un titre plus bas que le noyau.

2°. Que ces mêmes couches renferment proportionnellement moins d'argent que la pièce monnayée elle-même, laquelle à son tour en contient moins que le noyau.

Si l'on admet, par exemple, qu'un flan pour florin, contenant juste 945 mill. d'argent, perd par le blanchiment 2 mgr. d'oxyde de cuivre, tandis qu'il retient 5 mgr. d'oxygène, sa constitution pourra être représentée de cette manière:

		grammes		grammes			
noyau, argent + cuivre,	pesant	9,6045	dont	9,07625	ou	945	mill. d'argent
couche d'argent + ox. de cuivre,	〃	0,3680	〃	0,343	〃	932,06	〃 〃
pellicule d'argent pur,	〃	0,0275	〃	0,0275	〃	1000,00	〃 〃
pièce de 1 florin,	pesant	10,000	dont	9,44675	ou	944,67	mill. d'argent

Il résulte de là:

1°. que le noyau de la pièce de 1 florin renferme 945 — 944,67 = 0,33 mill. d'argent *de plus* que la pièce elle-même;

2°. que le noyau contient $945 - 936{,}78 = 8{,}22$ mill. d'argent *de plus* que les deux couches extérieures prises ensemble;

3°. que la pièce monnayée contient $944{,}67 - 936{,}78 = 7{,}89$ mill. d'argent *de plus* que les deux couches extérieures réunies.

Pour toute autre pièce monnayée, renfermant une proportion notable d'oxygène, les différences sont dans le même sens.

Une seconde conséquence de la présence de l'oxygène dans les pièces monnayées, est que la refonte de ces pièces sous une couche de charbon en poudre, c'est-à-dire dans des conditions réductrices, a pour effet une amélioration du titre.

Dans la fusion l'oxyde de cuivre est réduit à l'état de cuivre métallique; tout l'oxygène s'échappe sous forme d'acide carbonique. La quantité dont le titre de l'alliage s'élève se laisse déduire de la perte d'oxygène.

Si des pièces à 945 mill. de fin contiennent une quantité d'oxygène $= 0{,}5$ mill., le titre de la fonte est

$$\frac{945 \times 1000}{1000 - 0{,}5} = 945{,}47 \text{ mill.},$$

c'est-à-dire plus élevé de 0,47 mill.

Cet affinage par suite de la fusion en présence du charbon était déjà demontré par les résultats communiqués dans l'Introduction, sous le chef II; il se trouve maintenant expliqué d'une manière complète.

Sous l'influence de l'hydrogène, à la chaleur rouge, la même élévation de titre se produit, comme conséquence nécessaire de la perte d'oxygène; c'est ce qui a été mis en évidence par deux séries d'expériences.

A. On découpa dans cinq flans blanchis, pour pièces de $2\frac{1}{2}$ florins, la partie du milieu sur une largeur de 16 mm.; le poids total des morceaux était de 65,64 grammes. On les passa au laminoir, et chaque bande fut divisée en petits fragments, dont on détermina le titre par deux essais successifs. Ce qui restait des fragments (pour chaque groupe séparément) fut chauffé au rouge dans l'hydrogène, et la quantité d'oxygène dosée par cette opération servit à calculer l'élévation du titre; d'un autre côté,

le titre du métal réduit fut de nouveau déterminé (pour chaque groupe) par deux essais directs. Les résultats obtenus, tant pour chaque groupe séparément que pour les cinq groupes réunis, furent très satisfaisants. Je me borne à communiquer ces derniers:

54,958 grammes d'alliage, au titre de 945,40 mill., perdirent dans l'hydrogène 0,0215 gramm. ou 0,37 mill. Le titre du métal réduit était de 945,79 mill.; l'amélioration du titre était donc de 0,39 mill., c'est-à-dire qu'elle ne dépassait que de 0,04 mill. celle à laquelle conduisait le calcul, d'après la perte d'oxygène. Or, l'essai par la voie humide n'atteignant pas une précision de 0,01 mill., mais donnant avec une grande exactitude des différences de titre de 0,1 mill., on voit que la différence en question entre le calcul et l'expérience tombe dans les limites des erreurs inévitables.

B. 195 pièces de $2\frac{1}{2}$ florins avaient fourni à l'Inspecteur Essayeur-général, à l'aide de 20 essais prélevés sur les parties centrales (suivant la règle indiquée p. 348) un titre de 945,11 mill. Les fragments qui restaient de ces pièces, et pour lesquels on pouvait admettre le même titre de 945,11 mill., furent chauffés au rouge dans l'hydrogène pour déterminer la quantité d'oxygène qu'ils renfermaient. Cette réduction se fit en huit opérations successives, dans le tube de fer dont il a été question à la page 362. 4853,336 grammes d'alliage perdirent 1,382 gr. ou 0,28 mill. d'oxygène.

Les fragments de métal privés d'oxygène furent fondus dans un creuset de graphite, au milieu de poussier de charbon de bois, et on préleva sur la fonte bien brassée un peu de métal qui, solidifié, contenait exactement la même proportion d'argent que la masse fondue elle-même. Le titre de la goutte devait concorder avec celui qui se déduisait, par le calcul, de la perte d'oxygène, savoir:

$$\frac{945{,}11 \times 1000}{1000 - 0{,}28} = 945{,}38 \text{ mill.}$$

On a reconnu dans ces expériences qu'il n'est pas indifférent *de quelle manière la goutte est prélevée sur la fonte.*

Lorsque, au moyen d'une petite cuiller en fer, on puise un peu

d'alliage dans le bain, et qu'on le coule, soit dans l'eau, en grenailles (I), soit dans un moule de fer, en lingotin (II), le titre de ce métal *coulé* est toujours plus *élevé* que lorsque la prise de la goutte ne s'accompagne *pas de coulage*. On réalise cette condition d'une manière très simple, en laissant le métal se solidifier et se refroidir (à l'abri du contact de l'air) dans l'appareil même à l'aide duquel on l'a puisé dans le bain. Je me suis servi pour cela, soit d'une pince à puiser en fer (III), qu'on ouvre dans la masse fondue et qu'on ferme aussitôt après, de façon à emprisonner une petite quantité de métal, soit d'une petite cuiller de fer (IV), qu'on introduit immédiatement, avec son contenu, dans du poussier de charbon de bois, où on laisse refroidir. Je trouvai pour le titre les résultats suivants :

	mill.	différence avec le calcul
I. grenailles	945,65	+ 0,27 mill.
II. lingotin	945,64	+ 0,26 „
III. contenu de la pince	945,24	— 0,14 „
IV. contenu de la cuiller	945,34	— 0,04 „

Le dernier résultat est celui qui s'accorde le mieux avec le calcul. Là où il s'agit d'essais à la goutte, je donne donc la préférence à la méthode IV.

L'expérience fut répétée encore une fois sur la même masse d'alliage et fournit des résultats presque entièrement identiques.

Lorsque la goutte est coulée en filet mince, comme dans I et II, il se produit un affinage d'environ $\frac{1}{4}$ mill., dû peut-être à ce que de l'oxyde de cuivre (formé au contact de l'air extérieur) se *sépare* de l'alliage fondu. Quand, au contraire, on opère à l'abri de l'oxygène de l'air, comme dans III et IV, cette cause d'altération du titre est écartée, et la goutte approche, avec une exactitude d'au moins 0,1 mill., du titre de la fonte.

L'amélioration qu'éprouve le titre des espèces monnayées quand on les chauffe au rouge dans l'hydrogène, fournit une méthode pour déterminer avec un grand degré de précision la quantité d'argent fin de ces espèces.

Soit le poids des pièces = A kilogrammes, la perte de poids à laquelle donne lieu la réduction dans l'hydrogène (perte déterminée sur la masse entière ou sur une fraction de cette masse, $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5}$) = a mill., et le titre des pièces, après la réduction et la fusion sous une couche de charbon, = b mill.;
on a alors pour le titre des pièces avant la réduction

$$b\left(1 - \frac{a}{1000}\right) \text{ mill.},$$

et pour la quantité d'argent fin qu'elles contiennent

$$\frac{b\left(1 - \frac{a}{1000}\right)}{1000} \times \text{A kilogrammes.}$$

5. Le déchet.

Est-on fondé à croire qu'à la chaleur atteinte par l'alliage monétaire dans les creusets de fusion de la Monnaie d'Utrecht une quantité pondérable d'argent échappe sous forme de vapeur, et que le déchet dont il a été question dans *l'Introduction*, sous le chef III, peut être expliqué de cette manière?

J'ai tâché de résoudre cette question par un examen spécial.

Que l'argent se volatilise à une température suffisamment élevée, c'est un point mis hors de doute. Il serait trop long de citer ici tous les travaux relatifs à ce sujet, on peut en trouver l'énumération dans mon Mémoire original. Je rappellerai seulement que MM. H. Sainte-Claire Deville et L. Troost [1]), à l'aide de leur chalumeau à gaz et oxygène, ont porté l'argent à la *température de l'ébullition*, et que M. J. S. Stas [2]), en se servant de la même source de chaleur, a pu distiller l'argent dans un appareil de chaux vive, et se procurer ainsi un métal d'une pureté absolue. La température mise en jeu dans ces expériences est la chaleur blanche intense, à laquelle le platine fond sans peine. Mais un pareil degré de chaleur n'est jamais appliqué dans les ateliers de notre Monnaie, et ne saurait d'ailleurs être obtenu par l'emploi des combustibles ordinaires, brûlés dans l'air atmosphérique.

---

[1]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, (3), T. LVI, p. 413.

[2]) *Bullet. de l'Acad. roy. des sc. etc. de Belgique*, (2), T. X, (1860) p. 234, et *Nouvelles recherches sur les lois des proportions chimiques* (1865), p. 35.

Il importait donc de déterminer:

1°. La limite de température au-delà de laquelle l'argent, pur ou allié au cuivre, commence à s'évaporer d'une manière appréciable;

2°. Si, dans le creuset de fusion de la Monnaie, le métal dépasse, oui ou non, cette limite de température.

Je commencerai par fixer l'attention sur les résultats de quelques recherches que j'ai exécutées sur différentes métaux facilement fusibles, tels que l'étain, le bismuth, le cadmium, le plomb et le zinc. Ces métaux, autant que possible à l'état de pureté chimique, ont été fondus dans un courant d'hydrogène (pour prévenir l'oxydation), et on a déterminé la perte de poids éventuellement produite par volatilisation.

J'ai trouvé:

1°. Que la fusion de ces métaux ne donne lieu à aucune perte, ni par voie mécanique, ni par évaporation.

2°. Que l'*étain*, le *plomb* et le *bismuth* liquides sont encore entièrement fixes à des températures notablement supérieures à leur point de fusion, et qu'à la chaleur maximum qu'on peut donner dans un tube de verre (la chaleur rouge) 2,3433 gramm. de *bismuth* et 4,5183 gramm. de *plomb* ne perdaient, en une heure, que 1 et 0,5 mgr. par évaporation; tandis que l'*étain* ne montrait pas trace de volatilisation.

3°. Que le *cadmium* et le *zinc*, bien que complétement fixes à la température de fusion, s'évaporent d'une manière sensible à quelques degrés plus haut:

4°. Qu'il n'y a aucune relation entre la fusibilité et la volatilité des métaux en question:

FUSIBILITÉ		VOLATILITÉ
Etain	228°,5 C.	Cadmium
Bismuth	268, 3	Zinc
Cadmium	320	Bismuth
Plomb.	326	Plomb
Zinc.	420	Etain.

L'étain, celui de ces métaux qui demande le moins de chaleur pour prendre l'état liquide, est, comme liquide, le plus fixe. Le

cadmium, déjà extrêmement volatil bien au-dessous de la chaleur rouge, fond à une température plus élevée que l'étain et le bismuth, qui ne donnent pas de vapeurs, ou en donnent à peine, dans un tube de verre.

5°. Que le *métal* dit *de Rose* (alliage d'étain, de plomb et de bismuth), dont le point de fusion ne dépasse pas 97°,5 C., n'est pas sensiblement volatil quand on le chauffe à la chaleur rouge dans l'hydrogène. Dans ce cas, où trois métaux prennent, par suite du mélange, un point de fusion considérablement abaissé, ils n'empruntent pourtant *pas* de cette plus grande fusibilité la propriété de passer aussi plus facilement à l'état de vapeur.

Il n'y a aucun motif d'admettre que ce qui est vrai de métaux fusibles au-dessous de la chaleur rouge, ne s'applique pas également à d'autres métaux, tels que l'argent, l'or et le cuivre, dont l'état d'agrégation ne change qu'à des températures plus élevées. A priori déjà, il n'est donc pas probable:

1°. que l'argent, tenu liquide à une température qui ne dépasse pas de beaucoup son point de fusion, s'évapore assez pour qu'il en résulte une perte de poids appréciable; et

2°. que ce métal acquière une volatilité plus grande par son union avec 55 mill. de cuivre (notre alliage monétaire), union qui abaisse le point de fusion (ainsi qu'il a été constaté à différentes reprises à notre Monnaie).

Cette présomption a été, en effet, pleinement confirmée par les expériences ultérieures.

J'ai chauffé, chaque fois à des températures successivement croissantes, dans un courant lent d'hydrogène:

A. De l'argent pur, obtenu par réduction du chlorure d'argent au moyen du carbonate de soude dans un creuset de porcelaine;

B. Du cuivre pur, préparé par voie galvanique et préalablement fondu dans l'hydrogène;

C. Un alliage contenant 945 $\pm$ 1,5 mill. d'argent, obtenu en fondant ensemble, dans l'hydrogène, de l'argent pur et du cuivre pur;

D. De l'alliage monétaire ordinaire, préalablement débarrassé,

par la fusion dans l'hydrogène, de l'oxygène, du soufre, et de toute impureté pouvant être éliminée par l'hydrogène à une haute température.

Les culots métalliques étaient pesés avant et après l'expérience.

Les nacelles, dans lesquelles on fondait le métal, étaient en porcelaine, vernie ou non, ou simplement en terre cuite; on commençait par les faire rougir dans l'hydrogène. Les tubes de porcelaine (de la fabrique de M. Gosse, à Bayeux) étaient vernis aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur, et par conséquent imperméables à l'hydrogène aux plus hautes températures (Deville); ils étaient préservés de l'action directe du feu par un revêtement d'argile réfractaire. L'application de la chaleur avait lieu dans un fourneau construit avec un grand creuset en graphite, qu'on pouvait couvrir au moyen d'un entonnoir en tôle renversé et terminé par un long tuyau faisant fonction de cheminée. Afin d'empêcher que la nacelle ne se collât à la paroi intérieure du tube de porcelaine, ce qui arrive à de très hautes températures, j'interposais, suivant le précepte de M. Caron [1]) une petite lame de platine.

Pour arriver à une connaissance approximative de la température régnant dans la nacelle où le métal était maintenu à l'état liquide, je me suis servi de la différence de fusibilité entre l'*argent*, l'*or* et le *cuivre*.

Le point de fusion de l'*argent* est très rapproché de 1040° C. C'est ce que je déduis d'une expérience de M. E. Becquerel [2]), dans laquelle du fil d'argent roulé, au milieu du sable, dans un petit creuset de porcelaine, qui à son tour occupait le fond d'un tube de porcelaine, resta plongé pendant $\frac{1}{2}$ heure dans la vapeur de zinc bouillant, dont la température a été fixée par M. Deville [3]) à 1040° C.; l'argent montra un commencement de fusion; sans l'absorption de chaleur produite par les enveloppes, il serait devenu complétement liquide.

Je place le point de fusion de l'*or* 200° plus haut, par conséquent à 1240°. L'appréciation attentive des déterminations de

[1]) *Comptes rendus*, T. LXII, p. 296; Dingler's *Polyt. Journ.* T. CLXXX, p. 228.

[2]) *Ann. de Chim. et de Phys.* (3), T. LXVIII, p. 74.

[3]) *Ann. de Chim. et de Phys.* (3), T. LVIII, p. 293; *Comptes rendus*, T. LVII, p. 897.

Pouillet [1]), de Silbermann et Jacquelain [2]), et d'autres expérimentateurs conduit à cette conclusion.

Quant à la température à laquelle fond le *cuivre* (Pouillet ne l'a pas déterminée), je la trouve placée par tous les auteurs (sauf M. Becquerel) plus bas que le point de fusion de l'or. D'après mon expérience personnelle, je crois devoir admettre que le cuivre chimiquement pur exige, pour fondre dans l'hydrogène, plus de chaleur que l'or. Je fixe son point de fusion au blanc naissant, c'est-à-dire vers 1330° (Pouillet); c'était là la température de la nacelle au moment où le cuivre commençait à s'y liquéfier.

En réglant convenablement le feu, je pouvais obtenir dans mon fourneau, avec une précision suffisante, trois degrés de chaleur:

1°. Une température plus haute que le point de fusion de l'argent, mais plus basse que celle de l'or, située par conséquent entre 1040° et 1240°, et que j'appelle *chaleur de l'argent fondu*. C'est le maximum de chaleur qu'on peut atteindre dans la nacelle, quand le charbon de bois, qui entoure entièrement le tube de porcelaine, est en pleine ignition. Dans ces conditions l'or ne fond pas.

2°. Une température plus haute que le point de fusion de l'or, plus basse que celle du cuivre, entre 1240° et 1330° par conséquent, et que j'appelle *chaleur de l'or fondu*. C'est le maximum de chaleur qu'on peut obtenir au moyen du charbon de bois; il faut pour cela, quand le charbon de bois est en pleine ignition, ajouter une nouvelle charge de combustible. Le cuivre ne fond jamais de cette manière.

3°. Une température qui ne dépasse pas de beaucoup le point de fusion du cuivre, 1330° et que je nomme *chaleur du cuivre fondu*. On y parvient en entourant le tube de porcelaine de petits fragments de coke, après que le charbon de bois l'a amené au rouge.

La connaissance de ces trois degrés de chaleur a été acquise dans le cours même des expériences, car la nacelle était séparée par une cloison de porcelaine en deux compartiments, dans l'un

---

[1]) *Comptes rendus*, T. III, p. 782; *Traité de physique*, 4e éd., T. I, p. 269 et 299.

[2]) *Bullet. de la Soc. d'Encour.*, 1853, p. 110

desquels se trouvait de l'*argent*, de l'*or* ou du *cuivre*, suivant que je voulais atteindre l'une ou l'autre des trois températures spécifiées ci-dessus. Trouvait-on, à la fin de l'expérience, le métal fondu, on était assuré que le contenu de l'autre compartiment avait possédé le degré voulu de chaleur.

La fusion de l'argent ou de son alliage dans l'hydrogène a donné lieu à deux observations intéressantes.

1°. Le culot qui se forme par refroidissement lent du métal fondu montre à sa surface inférieure un grand nombre de cavités ou soufflures, mais seulement quand on fait usage d'une nacelle vernie, c'est-à-dire non perméable aux gaz. A une très haute température le culot s'agglutine avec la matière feldspathique de la nacelle. Dans des nacelles de terre cuite ou de biscuit cette adhérence n'a pas lieu, et il ne se produit pas non plus de soufflures. M. Caron [1]) a observé le même phénomène sur l'acier et le cuivre fondus dans l'oxyde de carbone ou dans l'hydrogène. Quant à l'efflorescence à la face supérieure du culot, dont parle M. Caron, je ne l'ai pas remarquée sur l'argent ou sur son alliage, et seulement à un très faible degré sur le cuivre pur.

2°. La fonte en culot d'une certaine quantité de fragments ou de rognures d'argent, de cuivre, ou de leur alliage s'accompagne d'une perte de poids, qui n'est *pas* due à la volatilisation, car quand on fond le culot une seconde fois, en ayant soin que le métal n'éprouve pas de secousses, il ne se produit plus de perte. On a trouvé ainsi, que:

18,9322	gramm. de fragments d'argent perdaient.......	1,05 mill.
9,604	〃 〃 〃 de cuivre 〃	1,16 〃
9,988	〃 〃 〃d'alliage monétaire〃	2,33 〃
271,689	〃 〃 〃 〃 〃 〃	0,70 〃

Le métal perdu se retrouve, sous forme de petits globules, en partie dans la nacelle même, en partie contre la paroi interne du tube de porcelaine, directement au-dessus de la nacelle. On dirait que la masse fondante ou fondue émet une fine pluie métallique, dont les gouttelettes sont projetées dans tous les sens.

[1]) *Comptes rendus*, T. LXII, p. 296; Dingler's *Pol. Journ.*, T. CLXXX, p. 228.

M. Caron a décrit un phénomène analogue accompagnant la solidification du cuivre liquide dans l'hydrogène.

On ne peut guère, pour expliquer les faits que j'ai observés, avoir recours à la dissolution de l'hydrogène dans la masse fluide, suivie de l'expulsion du gaz au moment où le métal se fige; car aucun des culots obtenus ne présentait le phénomène du rochage, qui, en pareil cas, aurait dû se produire, tout comme dans l'argent fondu au contact de l'air ou de l'oxygène. D'ailleurs, quand on fond de nouveau les culots dans l'hydrogène, on n'observe plus de projection.

Personne ne méconnaîtra qu'il doit exister une certaine relation entre l'absorption de l'oxygène par l'argent fondu et par quelques autres métaux (surtout du groupe du platine), l'occlusion des gaz par les métaux, découverte par M. Graham, et les faits qui viennent d'être cités. Mais il faudra des recherches plus approfondies pour établir la nature de cette relation et assigner la cause commune des phénomènes en question.

Pour en revenir à la volatilisation de l'argent, le résultat final de mes expériences peut être formulé de la manière suivante:

Ni l'argent, ni le cuivre, ni leur alliage contenant 945 ± 1,5 mill. d'argent, ne perdent de leur poids, en quantité appréciable à la balance, par volatilisation, quand on les tient fondus dans l'hydrogène à des températures dépassant la chaleur de fusion de l'*argent* ou de l'*or*. D'un autre côté, l'argent, ainsi que son alliage avec le cuivre, *commence* à se volatiliser d'une manière sensible à un degré de chaleur qui n'excède pas de beaucoup le point de fusion du *cuivre*. Le perte de poids qui en résulte ne s'élève toutefois, en *une* heure de temps, pour

18,8498	gramm. d'argent,	qu'à	0,24 mill.
24,0929	„ d'alliage pur,	„	0,32 „
41,9758	„ d'alliage monétaire ordin.,	„	0,32 „

Pourvu que la chaleur du cuivre fondu ne soit pas atteinte dans les creusets de la Monnaie, on n'a donc pas à craindre la perte d'argent par volatilisation.

J'ai déterminé d'une manière très simple la température qui

régnait dans un creuset de fer forgé, contenant environ 800 kilogrammes d'alliage monétaire, au moment où la masse liquide, bien brassée, était prête à être coulée en lattes. Je me suis servi pour cela d'un pyromètre qui, à deux reprises successives, et chaque fois pendant ½ heure, fut tenu plongé dans le métal liquide. Ce pyromètre consiste en un tube de fer forgé, d'un diamètre intérieur de 2 centim., fermé inférieurement par un bouchon en graphite, sur lequel reposent trois petits creusets en graphite, remplis respectivement d'argent, d'or et de cuivre; une seconde série des mêmes métaux est disposée dans le tube à un niveau supérieur. A l'aide de cet instrument, le degré de chaleur, tant des couches inférieures que des couches supérieures de la masse fondue, pouvait donc être déterminé d'après la même échelle de températures dont il avait été fait usage pour mes expériences dans l'hydrogène. On trouva, dans les deux déterminations, et aussi bien vers le haut que vers le bas du tube pyrométrique, que l'*argent seul* était fondu.

La chaleur maximum dans le creuset de fusion n'atteint donc jamais le point de fusion du cuivre, ni celui de l'or, mais elle dépasse celui de l'argent pur, et est par conséquent très voisine de la température que j'ai nommée *chaleur de l'argent fondu*, température à laquelle l'argent et son alliage ne sont *pas* volatils, même sous l'influence, si favorable à l'évaporation, d'un courant d'hydrogène. A fortiori n'y a-t-il donc *pas* de perte d'argent, par suite d'une volatilisation appréciable, dans le creuset de la Monnaie, où les conditions sont éminemment défavorables à l'évaporation, car la masse est couverte de charbon de bois et le creuset reste, autant que possible, fermé. Aussi n'a-t-on jamais pu découvrir aucune trace d'argent volatilisé, ni dans la suie des cheminées de l'atelier de fusion, ni à la paroi intérieure de la voûte en fer qui protége le creuset ouvert pendant qu'on puise et coule le métal.

Le déchet doit donc être expliqué d'une autre manière.

Quand il s'agit de la refonte de pièces monnayées neuves, deux causes principales peuvent être invoquées:

1°. L'oxygène que les pièces renferment. Par la fusion sous une couche de poussier de charbon, l'oxyde de cuivre est réduit

et l'oxygène se dégage sous forme d'acide carbonique. La diminution de poids qui en résulte est comprise dans le déchet. La perte subie par réduction, pendant la fusion au contact du charbon, est

pour les pièces de $2\frac{1}{2}$ florins . . . . 0,28 à 0,40 mill.
" " " " 1 florin. . . . . 0,5 "
" " " " $\frac{1}{2}$ " . . . . 0,68 "

par conséquent une fraction notable du déchet total (V. l'Introduction, p. 351).

2°. Il est impossible de fondre l'alliage monétaire, de brasser la masse liquide, d'y puiser des gouttes, et de couler le reste dans un moule, — sans une légère perte d'alliage. La diminution de poids due à cette cause forme, pour les pièces neuves, la partie du déchet qui n'est pas de l'oxygène.

L'influence de ces deux causes est mise en évidence par les expériences suivantes.

Des flans pour pièces de $2\frac{1}{2}$ florins, blanchis, contenant 0,36 mill. d'oxygène, et pesant 5016,93 grammes, furent fondus sous du charbon en poudre dans un creuset de graphite. Après refroidissement, le métal rassemblé en culot fut retiré du creuset et pesé, en même temps que les grenailles extraites du charbon (21,80 gramm.). La perte s'élevait à 3,23 gramm. ou 0,60 mill.

L'expérience, répétée sur d'autres flans, donna exactement le même résultat.

Sur le déchet total, 0,36 mill. consistent uniquement en oxygène, et le reste, $0{,}60 - 0{,}36 = 0{,}24$ mill., est une perte de métal, provenant de l'impossibilité de retirer du charbon toutes les grenailles (globules et poudre). Si l'on s'attache à éviter, autant que possible, la production de ces dernières pendant la fusion, le déchet se trouve réduit à un minimum. A cet effet, le culot métallique de la première fonte fut liquéfié encore une fois sous du charbon en poudre, et, après solidification, pesé de nouveau. Le déchet, cette fois, ne s'éleva qu'à 0,03 mill. et était par conséquent très insignifiant.

La préparation, sur une grande échelle, de l'alliage servant à fabriquer nos monnaies, s'accompagne également d'un déchet

(V. p. 351). Mais il est facile de prouver que ce n'est pas exclusivement de l'argent ou de l'alliage qui se perd durant cette opération.

Le métal qui entre dans les creusets de l'atelier de fusion est ordinairement de trois sortes: 1°. Des *lingots* d'un titre supérieur à 945 mill. de fin, parfois de 980—998 mill. 2°. Des *espèces monnayées étrangères* d'un titre inférieur à 945 mill. 3°. Des *rognures*, c'est-à-dire ce qui reste des bandes enduites de graisse après qu'on y a découpé les flans.

Lingots. Lorsque ceux-ci renferment des éléments plus volatils que l'argent et le cuivre, par exemple du plomb, de l'arsenic, du mercure, etc., qui se rencontrent parfois en petite quantité, ces éléments échappent par la chaleur, en totalité ou en partie, sous forme de vapeurs. Si les lingots contiennent en outre un peu d'oxygène, fixé par occlusion ou uni au cuivre, ce principe étranger se perd également pendant la fusion. Le déchet sera toutefois très faible, et probablement ne dépassera jamais 0,05 mill.

Espèces monnayées. Les espèces étrangères qu'on refond à la Monnaie sont quelquefois tout à fait neuves; habituellement pourtant, elles ont été en circulation. Leur surface est donc le plus souvent salie. Sur 80 pièces de 5 francs j'ai trouvé 0,2 mill. de crasses. Ces crasses disparaissent par la fusion.

En outre, les espèces étrangères renferment aussi de l'oxygène (V. p. 362), bien que, ordinairement, en proportion moindre que les nôtres. Les pièces de 5 francs françaises, que nous refondons en grande quantité, contiennent en moyenne 0,2 mill. d'oxygène. C'est donc là encore une source de perte dans la fusion au contact du charbon.

Rognures. Celles-ci retournent naturellement à l'atelier de fusion à mesure que la fabrication les fournit. Non-seulement la graisse que les recouvre, mais aussi l'oxygène fixé par l'alliage — car les bandes, dont les rognures proviennent, sont oxydées à la surface par les recuits — sont éliminés pendant la fusion. J'ai trouvé 0,75 mill. de matière grasse sur des rognures de pièces de $2\frac{1}{2}$ florins, tandis qu'on peut admettre, sur ces mêmes rognures, la présence de 0,25 mill. d'oxygène. Cela fait 1 mill. qui se perd par la refonte.

Appliquons ce qui vient d'être dit à un exemple.

Depuis le 12 octobre 1865 jusqu'au 23 mars 1866 on a fondu à la Monnaie:

lingots	45114,842	kilogrammes.
espèces	47883,000	„
rognures	63596,600	„
total.	156594,442	kilogrammes.

Si l'on suppose:

1°. que les espèces consistaient en pièces de 5 francs françaises, souillées de 0,2 mill. de crasses et de 0,2 mill. d'oxygène;

2°. qu'on a fabriqué exclusivement des pièces de 2½ florins, dont les rognures contiennent 0,75 mill. de graisse et 0,25 mill. d'oxygène;

3°. que les lingots perdent par la fusion 0,05 mill. d'éléments étrangers,

on trouve que 156594,442 kilogrammes de lingots, espèces et rognures éprouvent une perte de 85 kilogr. ou 0,54 mill., *non* en alliage, mais en principes étrangers, qui ont été pesés comme alliage avant la fusion. Par conséquent, une fraction considérable (plus de la moitié dans le cas actuel) du déchet brut, lequel s'élève en général à 1 mill., n'est *pas de l'argent.*

Mais, si la perte d'alliage monétaire, dans les ateliers de fusion, reste habituellement au-dessous de 1 mill., cette perte est certaine et continuelle. Calculée sur des milliers de kilogrammes, elle prend de l'importance. Quant à la cause, elle réside dans l'impossibilité, après que le métal mis au creuset a été fondu et a subi dans l'atelier les opérations habituelles, de le recueillir de nouveau à l'état solide sans déficit aucun. Le brassage répété du bain, la projection d'une partie du métal à côté du moule où on le coule, la rétention de globules métalliques dans le charbon qui recouvre le bain, l'absorption d'argent par les parois du creuset en fer forgé (3—6 kilogrammes par creuset), la formation, dans ces mêmes parois, de fissures qui laissent échapper du métal, etc. — ce sont là autant de sources d'une déperdition notable d'argent, argent qui ne se retrouve ensuite que partiellement.

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

Sciences exactes et naturelles.

DEUX NOUVEAUX VOLUMÉNOMÈTRES

PAR

E. H. VON BAUMHAUER.

Pour la détermination de la densité de sels solubles dans l'eau et se prêtant mal aussi à la pesée dans d'autres liquides, j'ai fait usage d'abord du voluménomètre de M. Regnault. Dans l'emploi de cet appareil, je me suis vu arrêté surtout par les défauts de la fermeture, obtenue, comme l'on sait, au moyen de deux plaques ou anneaux métalliques qu'on presse l'un contre l'autre après interposition d'une feuille de caoutchouc ou d'un disque de cuir imprégné de paraffine ou d'huile. Outre qu'on risque, en serrant les plaques avec plus ou moins de force, de faire varier légèrement la capacité du voluménomètre, ceux qui se sont occupés de déterminations volumétriques de gaz ont dû, plus d'une fois, éprouver la difficulté de réaliser ainsi une fermeture parfaitement hermétique, au moins quand il s'agit de préserver de toute fuite et de toute diffusion, pendant des semaines entières, un gaz dont la pression est réduite à celle d'une colonne de mercure de 100 à 200 millim. seulement.

Dans la construction du voluménomètre que je vais décrire, j'ai cherché à éviter ces inconvénients, et à remplir la double condition d'une capacité rigoureusement constante — sauf la dilatation par la chaleur — et d'une fermeture obtenue uniquement par l'intermédiaire du mercure.

I.

La figure 1, Planche XIV, représente ce nouveau voluménomètre. Sur un pied en fer, que des vis calantes permettent de placer bien horizontalement, est fixé perpendiculairement un tube cylindrique de verre A. Ce tube est rempli de mastic jusqu'en *a*, de sorte qu'il figure une tige massive portant à sa partie supérieure une cuvette cylindrique B. Il est recouvert d'un tube plus large OO, également bien cylindrique, fermé supérieurement par une surface plane, et muni en bas d'une armature en fer rodée dans le pied de l'appareil et dont la jonction hermétique s'obtient d'une manière qui sera décrite plus loin. Entre les deux tubes il reste donc un espace annulaire, d'environ un demi-centimètre de largeur. L'armature en fer du tube extérieur est percée d'une petite ouverture, par laquelle le mercure occupant l'espace annulaire entre les deux tubes est mis en communication, tant avec le robinet en fer *b*, qu'avec le tube de verre étroit *cc* qu'on peut assujétir sur lé pied en fer au moyen d'une vis. L'espace annulaire présente encore une seconde communication, savoir, avec le large tube en fer *dd*, qui est vissé sous le pied et qui se termine inférieurement par le robinet en fer *e*; ce large tube communique en outre avec le tube en fer *ii*, qui est surmonté d'un entonnoir et sert à remplir l'appareil de mercure au moyen du réservoir en fer D. Ce remplissage toutefois ne peut se faire qu'à condition d'offrir une issue à l'air confiné dans l'appareil. Pour obtenir cette communication entre l'espace annulaire et l'air extérieur, de telle sorte qu'on puisse l'intercepter sans l'intervention de robinets, qui ferment rarement d'une manière parfaite pour les gaz, on la réalise par le tube en fer très étroit et courbé en U qu'on voit représenté à part dans la fig. 3. Ce tube est placé à demeure dans le tube *dd*; une de ses branches traverse le tube *ii*, tandis que l'autre s'élève dans l'espace annulaire qui sépare les deux tubes de verre. Comme le tube *dd* est suffisamment large, on peut faire monter

ou descendre le tube en U, de façon que l'orifice *o* de la courte branche soit tantôt amené jusque près du sommet de l'appareil, tantôt ramené jusque vers le pied en fer; ce tube reste d'ailleurs dans la position qu'on lui donne à la main, à cause du frottement que sa longue branche éprouve dans le tube *ii*.

La fig. 2 montre une section de cet ensemble de tubes, suivant la ligne *nn*.

Décrivons maintenant la manière d'opérer avec cet appareil, ce qui en fera mieux comprendre la disposition.

Après avoir enlevé le large tube de verre OO, on place dans la cuvette cylindrique B la substance, préalablement pesée, dont il s'agit de déterminer le volume; il va sans dire qu'il y a un grand avantage à ce que la cuvette soit à peu près rempli par la matière, de sorte qu'il y reste aussi peu d'espace vide que possible. La cloche OO est alors remise en place, et on en fixe l'extrémité inférieure sur le pied, comme il sera expliqué plus bas. Les robinets *b* et *e* étant fermés, et le tube étroit *mm* se trouvant remonté aussi haut que possible et en communication avec l'air extérieur en *r*, on laisse couler le mercure du réservoir D: le tube *ii*, le tube *dd*, l'espace annulaire entre les deux tubes de verre, et le tube *cc* se remplissent, tandis que l'air s'échappe par le tube *mm*; on laisse arriver le mercure environ jusqu'à la hauteur *u*. Au tube étroit *mm* est adapté en *r* un tuyau en caoutchouc à parois épaisses; sur ce tuyau on applique une pince pour y intercepter le passage de l'air, puis on laisse couler le mercure par le robinet *b* jusqu'à ce qu'il soit descendu presque jusqu'au bas du tube *cc*; on produit ainsi dans l'appareil une grande raréfaction de l'air, ce qui n'a ici d'autre but que de faire monter les bulles d'air qui auraient pu rester attachées çà et là. On remplit de nouveau l'appareil de mercure jusqu'au point *u*, et on répète deux ou trois fois cette manœuvre, afin d'être assuré qu'il ne reste plus nulle part d'air adhérent aux parois du verre. Après avoir rempli une dernière fois l'appareil de mercure jusqu'au point *u*, on abaisse le tube étroit *mm* jusqu'au bas de sa course, ce qui a naturellement pour effet que ce tube se remplit entière-

ment de mercure et qu'il peut être considéré comme n'existant plus dans la suite de l'expérience. La substance à examiner se trouve alors au sein d'un petit volume d'air isolé de l'air extérieur par le mercure seul, et à l'abri, par conséquent, de toute fuite provenant d'une fermeture imparfaite ou d'une action de diffusion. Lorsque, après la fin de l'expérience, on veut rétablir la communication entre l'enceinte fermée et l'air extérieur, on relie le tuyau de caoutchouc *rr* à la seringue remplie d'air P, et, après avoir fait glisser le tube *mm* jusqu'au haut de sa course, on refoule le mercure en faisant agir le piston de la seringue: le tube *mm* se vide, et le rapport avec l'extérieur se trouve rétabli.

Il est inutile de dire que la cloche extérieure OO porte sur son quart supérieur une fine graduation, et que les volumes auxquels ces divisions correspondent ont été préalablement déterminés avec exactitude en plaçant dans la cuvette B un cylindre massif de verre d'un volume bien connu. La détermination du volume se fait exactement de la manière qui a été indiquée par M. Regnault; la pression à laquelle est soumis le volume d'air confiné dans l'appareil est donnée par la différence de hauteur du mercure dans le tube *cc* et dans l'espace annulaire qui sépare les tubes A et OO; cette différence se mesure, à l'aide d'un cathétomètre ou d'un viseur, sur la lame de glace divisée en millimètres *xx*, sur laquelle se lit également la hauteur du baromètre *zz*. Il va sans dire que l'air atmosphérique peut être remplacé par d'autres gaz dans l'enceinte où se place la substance à examiner.

II.

Comme je désirais pouvoir effectuer les déterminations de volume à des températures différentes, et que l'appareil qui vient d'être décrit ne se prêtait que difficilement à un pareil emploi, j'ai construit un voluménomètre extrêmement simple, qui se place commodément dans un vase cylindrique de verre où de l'eau, ou

tout autre liquide, peut être portée à la température voulue. Ce voluménomètre, qui ressemble beaucoup plus à celui de M. Regnault que l'appareil précédent, se distingue, comme celui-ci, par la perfection de la fermeture et par la constance rigoureuse du volume; en outre, il n'exige qu'une petite quantité de mercure, et les pertes de métal par transvasement sont entièrement évitées, tout le mercure nécessaire restant dans l'appareil.

Indiquons d'abord le mode de fermeture; ce mode est le même que celui dont l'application a été faite à l'appareil précédent, et il se recommande dans tous les cas où l'on a besoin d'une fermeture hermétique, car l'expérience a prouvé qu'il conserve le volume d'un gaz absolument invariable pendant des semaines et des mois entiers, même quand la pression est reduite presque à zéro. Sur le cylindre en verre qui doit être fermé, est rodé un autre cylindre, à pied, qui s'y adapte de la manière représentée fig. 1, planche XV, de sorte qu'il ne reste plus qu'à boucher hermétiquement la ligne circulaire *aa*. Pour cela, on pose sur cette ligne un anneau en caoutchouc à section circulaire, qu'on comprime au moyen du manchon en fer représenté fig. 2; cette compression produit la fermeture, non-seulement au point *a*, mais aussi aux points *b* et *c*, et on peut l'opérer avec plus ou moins de force sans qu'il en résulte la moindre variation de la capacité qu'il s'agit d'isoler. L'expérience m'a appris, toutefois, que dans ce mode de fermeture, qui semble parfait, la diffusion se fait encore, soit à travers le caoutchouc, soit le long des parois, mais qu'on l'empêche complétement en versant un peu de mercure dans l'espace annulaire au-dessus du caoutchouc, de façon que celui-ci soit recouvert d'une couche de métal de $\frac{1}{2}$ centimètre; la capacité intérieure est alors close aussi parfaitement que si elle était limitée par une enveloppe de verre continue.

La disposition du voluménomètre lui-même se conçoit facilement d'après les figures 3 et 4; cette dernière représente une partie de l'appareil environ à demi-grandeur. Dans la capacité cylindrique A, qu'on munit supérieurement de la fermeture décrite ci-dessus, s'adapte une cuvette cylindrique en verre qui reçoit la

substance à examiner. La capacité B a environ la moitié du volume de la capacité A; en *m* et *n* sont des traits fins marqués au diamant; le volume A jusqu'au trait *m* et le volume B entre les traits *m* et *n* ont été déterminés exactement au moyen du mercure. Au bas de cet appareil en verre est lié un tuyau en caoutchouc à parois épaisses, dont l'autre extrémité est attachée au tube de verre *rr*, qui porte une ampoule C d'un volume à peu près égal à celui de la capacité B; ce tube de verre, suspendu à un fort cordon de soie qui passe sur une poulie, peut être élevé ou abaissé à volonté.

Cet appareil se place dans un vase cylindrique en verre, rempli d'eau ou d'un autre liquide auquel on peut donner une température arbitraire constante. Dans le même vase on dispose une plaque portant une couple de thermomètres sensibles, la lame de verre divisée sur laquelle se font toutes les lectures à l'aide du cathétomètre, et enfin le baromètre à siphon, dont la branche ouverte est suffisamment prolongée pour que son orifice reste en dehors du liquide quand on y plonge l'instrument. Comme tous les appareils, de même que les échelles, sont en verre, il est clair qu'une foule de corrections, relatives à la dilatation par la chaleur, peuvent être négligées; il n'y a à tenir compte que de la dilatation des volumes.

Pour se servir de ce voluménomètre, on commence par remonter le tube *rr* à une hauteur telle que son point *o* se trouve à peu près au même niveau que le point *m* de l'appareil en verre, et on verse alors du mercure par le tube *rr* jusqu'à ce qu'il atteigne le point *m*; en faisant mouvoir le tube *rr* alternativement de haut en bas et de bas en haut, on parvient à détacher toutes les bulles d'air qui auraient pu rester adhérer aux parois des tubes. Dans la cuvette cylindrique, dont le poids est connu et dont le volume a été déterminé exactement par une pesée hydrostatique, on introduit un poids déterminé de la matière à examiner; on place la cuvette dans la capacité A, et on ferme celle-ci comme il a été dit précédemment. Tout l'appareil étant alors disposé dans le vase cylindrique rempli d'eau ou de quelque autre liquide, et

la température voulue étant obtenue, on amène le mercure, en élevant ou abaissant le tube *rr*, exactement au point *m*, puis on fait la lecture de la différence de niveau du mercure en *m* et dans le tube *rr*, de la hauteur du baromètre et des indications des thermomètres; ensuite, on laisse descendre le tube *rr* jusqu'à ce que le niveau du mercure dans l'appareil arrive en *n*, et après s'être assuré que la température n'a pas varié dans l'intervalle, on recommence les lectures. Il n'y a pas de correction à faire pour la capillarité, vu que le diamètre des cylindres de mercure en *m*, en *n* et dans le tube *rr* est le même. Veut-on opérer dans un gaz autre que l'air atmosphérique, on fait traverser tout l'appareil, après que la substance à étudier y est introduite, mais avant que le mercure y ait été versé et avant qu'il soit entièrement fermé, par un courant du gaz choisi, puis on laisse couler le mercure. Quant au calcul du volume de la matière examinée, il s'exécute exactement d'après la méthode donnée par M. Regnault.

Je me propose de communiquer plus tard les résultats des expériences faites avec cet appareil, expériences dans lesquelles on a pu constater clairement l'influence de la quantité de gaz qui se condense à la surface des corps et que l'appareil permet de déterminer.

RECHERCHES CHIMIQUES

SUR L'HUILE ESSENTIELLE ET LE PRINCIPE TOXIQUE

DE LA

RACINE DU CICUTA VIROSA,

PAR

A. H. VAN ANKUM.

(Extrait d'une thèse soutenue pour obtenir le grade de docteur ès-sciences).

L'auteur de ces recherches a retiré de 75 kilogrammes de racines 90 grammes d'huile essentielle; il en a donc obtenu beaucoup moins que M. Simon [1]), lequel a extrait environ 6 onces (à peu près 180 grammes) de 50 kilogrammes de racines, et la différence est d'autant plus significative que M. van Ankum n'avait négligé aucune précaution pour éviter toute perte d'huile.

Une partie de l'huile complétement débarrassée d'eau fut consacrée à quelques recherches préliminaires destinées à faire connaître la nature de l'huile; cet examen eut pour objet: 1° la réaction, 2° la recherche d'un aldéhyde, 3° celle d'un éther composé. La réaction fut trouvée neutre; l'huile ne renfermait ni aldéhyde, ni éther composé. Il résultait déjà de ces faits que l'huile de la racine diffère de celle du fruit, puisque cette dernière, d'après M. Trapp [2]), se compose d'un hydrogène carboné, le cymol, et d'un aldéhyde, le cuminol. L'étude ultérieure apprit que l'huile ne contient ni oxygène, ni soufre: c'est donc un hydrogène carboné ou un mélange de différents carbures d'hydrogène. Rien

---

[1]) *Ann. d. Chemie u. Pharm.*, t. XXXI, p. 258—261.

[2]) *Bullet. de St. Pétersbourg*, N°. 379.

n'ayant pu en être séparé par le refroidissement, il ne restait qu'à procéder à la distillation de l'huile. Par des distillations fractionnées répétées on isola un hydrogène carboné bouillant à 166°, lequel constitue l'élément essentiel de l'huile de ciguë. Pendant les distillations fractionnées, de même que pour la détermination du point d'ébullition, le thermomètre était suspendu, non dans la vapeur, mais dans le liquide lui-même.

La densité de l'huile purifiée est 0,87038 à 18° C., la densité de l'eau à la même température étant prise pour terme de comparaison.

L'analyse élémentaire fut exécutée en brûlant l'huile par l'oxyde de cuivre, puis faisant traverser l'appareil par un courant d'oxygène fourni par le chlorate de potasse qui occupait l'extrémité postérieure du tube à combustion. L'oxyde de cuivre, préparé par l'auteur lui-même, avait été fortement calciné avant d'être employé aux analyses, non-seulement afin de chasser l'eau hygroscopique et les traces d'acide nitrique qui auraient pu s'y trouver encore, mais aussi afin de diminuer sa tendance à absorber de l'humidité. L'oxyde encore incandescent était introduit dans un tube, qu'on fermait au moyen d'un bouchon dans l'ouverture duquel était fixé un tube rempli de chlorure de calcium; c'est ainsi que l'oxyde était conservé jusqu'au moment d'en faire usage. Comme, à la fin de la combustion, on faisait passer un courant d'oxygène, le tube et les différents appareils se trouvaient remplis de ce gaz, au lieu d'air atmosphérique, quand on exécutait la pesée. Pour prévenir l'erreur qui serait résultée de cette circonstance, on remplissait déjà les diverses parties de l'appareil d'oxygène pur avant l'expérience, et on les pesait en cet état. Les analyses apprirent que l'huile appartient au groupe des camphènes; cela est établi clairement par les nombres comparatifs suivants:

		en 100 parties	trouvé I.	trouvé II.
C_{10}	= 120	= 88,24	= 88,19	= 88,20
H_{16}	= 16	= 11,76	= 11,76	= 11,75
	136	100,00	99,95	99,95

Comme il importait toutefois de savoir, s'il fallait attribuer à l'huile analysée la formule $C_{10} H_{16}$, ou la formule $C_5 H_8$, ou celle de quelque polymère plus élevé, l'auteur entreprit la détermination de la densité de la vapeur. Il suivit pour cela la méthode de M. Dumas, mais en déterminant d'une autre manière la capacité du ballon. Après que, l'expérience étant terminée, la pointe du ballon eut été brisée sous une quantité mesurée de mercure, et que le mercure eut cessé de s'élever dans le ballon, celui-ci fut enlevé, et, en mesurant la quantité de mercure restée dans le vase, on put déduire celle qui avait pénétré dans le ballon. Le col du ballon fut alors entamé à la lime, aussi bien au point de séparation du mercure et de la vapeur condensée qu'à celui de cette vapeur condensée et de l'air, puis cassé en ces deux points. On obtint ainsi deux bouts de tube, dont l'un contenait de la vapeur condensée, l'autre de l'air. En versant, à l'aide d'une burette, du mercure dans ces tubes, on détermina leur capacité, et on connut par suite le volume, tant de l'air resté pendant l'échauffement, que de la vapeur condensée. La somme de ces deux quantités et du volume du mercure entré dans le ballon donnait la capacité du ballon pour la température qui régnait au moment des mesures. L'espace ne nous permet pas d'indiquer ici les formules que l'auteur a établies pour calculer à l'aide des données de l'observation le résultat final, formules qui se sont trouvées très propres à fournir en peu de temps le résultat cherché. L'insuffisance des corrections auxquelles on se borne ordinairement, l'avantage qu'il y a à substituer des formules logarithmiques à celles dont on se sert habituellement, enfin les modifications que devait subir le procédé de calcul par suite des changements apportés à la méthode expérimentale, tels sont les motifs qui ont engagé l'auteur à faire connaître dans son Mémoire les formules dont il a fait usage.

La densité de la vapeur de l'huile est 4,809 rapportée à l'air atmosphérique, et 69,4419 quand on prend pour unité la densité de l'hydrogène. Le poids moléculaire d'un gaz étant le double du poids spécifique évalué par rapport à l'hydrogène, le nombre

trouvé conduit donc à un poids moléculaire de 138,88. L'analyse élémentaire a donné entre C et H une relation qui s'exprime le plus simplement par la formule $C_5 H_8$. Mais le poids moléculaire qui correspond à la formule $C_{10} H_{16}$, et qui s'élève à 136, est celui qui se rapproche le plus du nombre 138,88. Il résulte donc de la détermination de la densité de la vapeur que la formule moléculaire de la combinaison étudiée est $C_{10} H_{16}$.

Pour la recherche de la solubilité de l'huile dans différents liquides, on détermina combien il fallait de gouttes du menstrue pour dissoudre un certain nombre de gouttes de l'huile, le poids moyen d'une goutte des matières respectives ayant d'ailleurs été déterminé préalablement par la pesée d'un nombre connu de gouttes fournies par les flacons compte gouttes qui contenaient les liquides. On trouva de cette manière que 1 partie d'huile est soluble dans 4,82 parties d'alcool de 0,84 p. s. et dans 8,65 parties d'alcool de 0,85 p. s., tandis que 325 parties d'alcool de 0,934 p. s. ne suffisent même pas pour dissoudre 1 partie d'huile. Avec certains liquides, tels que l'alcool absolu, l'éther, le chloroforme, le benzol et le sulfure de carbone, l'huile se laisse mélanger en toutes proportions.

Le cicutène — c'est le nom que l'auteur donne à l'huile — dissout le soufre, le phosphore et l'iode, comme le fait l'huile de térébenthine.

La recherche du pouvoir rotatoire, laquelle eut lieu au moyen du saccharimètre de Duboscq et Soleil, apprit qu'une longueur de 20 cm. de cicutène imprime au rayon polarisé, pour la teinte de passage, une rotation à droite égale à celle qu'exerce une lame de quartz épaisse de 1,42 mm.

De même que la plupart des terpènes, le cicutène se combine avec l'eau. La combinaison possède la même odeur et la même forme cristalline que l'hydrate d'huile de térébenthine.

Le gaz chlorhydrique est aussi absorbé rapidement par le cicutène, comme par l'huile de térébenthine. La combinaison qui se forme n'est toutefois pas solide comme le composé analogue de l'essence de térébenthine; pour la faire passer à cet état il est nécessaire de la placer dans un mélange réfrigérant.

Quand on conduit du chlore sec dans le cicutène, le gaz est absorbé en grande quantité, de la chaleur est mise en liberté et du gaz chlorhydrique se dégage. Le produit de la réaction est un liquide épais, ayant l'odeur du camphre et dont la composition est représentée par la formule $C_{10} H_{12} Cl_4$:

Calculé en 100 p. d'après la formule $C_{10} H_{12} Cl_4$	trouvé en 100 p. I.	II.
Cl = 51,82	51,46	51,60

La détermination du chlore se fit en calcinant la matière avec de la chaux. La calcination étant achevée et le tube refroidi, on l'introduisait dans un matras renfermant un peu d'eau distillée, et on faisait tomber avec précaution le contenu du tube en inclinant à la fois celui-ci et le matras; le tube était alors lavé plusieurs fois, d'abord à l'acide nitrique étendu, ensuite à l'eau pure, et ces liquides étaient également versés dans le matras. L'auteur regarde cette méthode de vider le tube comme préférable à celle de M. Kolbe, lequel conseille de fermer l'ouverture du tube avec un bouchon, et de le plonger par son extrémité postérieure, tandis qu'il est encore chaud, dans un verre rempli aux deux tiers d'eau distillée, ce qui fait éclater le tube et le débarrasse de son contenu.

Tous les traités de chimie indiquent, il est vrai, la présence d'un alcaloïde volatil (cicutine) dans la racine du Cicuta virosa, mais ils n'apprennent rien touchant les propriétés de cette substance. C'est ce qui a engagé l'auteur à en faire l'étude. Pour séparer le soi-disant cicutine, il a suivi la méthode qu'ont décrite MM. Polex et Wittstein, le premier par rapport au traitement de la racine, le second par rapport à celui des parties herbacées et de la graine [1]. Les racines fraîches (4,5 kilogrammes) furent épuisées par l'eau acidulée, et les liquides exprimés, après avoir été portés un instant à l'ébullition, furent filtrés. Le liquide filtré fut distillé

[1]) *Arch d. Pharm.*, 2e Série, T. XVIII; Buchner's *Rep. f. d. Pharm.*, 2e Série, T. XVIII.

avec un excès de solution de potasse; il était chauffé, non à feu nu, mais au moyen de vapeur qui pénétrait dans l'alambic. Le produit de la distillation, neutralisé par l'acide sulfurique étendu, fut réduit par évaporation jusqu'à un volume de 32 c. c. Une moitié, 16 c. c. par conséquent, fut rendue fortement alcaline par la solution de potasse, puis agitée avec de l'éther; après évaporation cet éther ne laissa rien autre chose qu'un peu d'huile essentielle. Le chloroforme ne s'empara également d'aucun alcaloïde. L'autre moitié du liquide, après avoir été rendue bien alcaline comme la première, fut distillée. Le produit de la distillation présentait une forte odeur ammoniacale; on l'acidifia par l'acide chlorhydrique et on le précipita par $Pt\,Cl_4$. Le dépôt effectué, on décanta le liquide, on lava le précipité à plusieurs reprises avec de l'alcool et de l'éther, et on le traita ultérieurement de la manière usitée pour le chlorure ammonico-platinique obtenu dans une détermination d'ammoniaque. En opérant ainsi, l'auteur avait pour but de rechercher si le précipité produit correspondait exclusivement à celui de l'ammoniaque, ou bien, en même temps, à celui de quelque autre matière, dont le poids moléculaire différât assez de celui de l'ammoniaque pour que sa présence à côté de cet alcali, même en faible proportion, occasionnât une différence marquée dans le poids du précipité obtenu par le chlorure platinique. Cette recherche conduisit, comme la première, à la conclusion qu'il n'existe aucun alcaloïde volatil dans la racine du Cicuta virosa.

	trouvé en 100 p.	calculé en 100 p. de chlorure ammonico-platinique.
platine =	43,87	44,28

Comme l'auteur se proposait encore de distiller les racines directement avec un alcali, et comme MM. Polex et Wittstein disent qu'en pareil cas il y a entraînement d'écumes hors de l'alambic, il prit des précautions particulières pour éviter cet effet. Il disposa l'appareil de manière à pouvoir y introduire de la dissolution sodique en aussi grande quantité et aussi fréquemment qu'il le jugeait convenable. En opérant ainsi il n'y eut pas le moindre

entraînement d'écumes. Le liquide distillé fut précipité, comme précédemment, par le chlorure platinique.

	trouvé en 100 p. I.	II.	calculé en 100 p. de chlorure ammonico-platinique
platine =	44,23 . . .	43,41	44,28

Il résulte de ces diverses recherches que la racine ne renferme pas d'alcali volatil, ou que, si un principe de cette nature y existe, il se trouve en quantité extrêmement faible, de sorte qu'il ne peut nullement rendre compte de l'action vénéneuse prononcée qui appartient à la plante.

Après avoir essayé encore en vain, par différentes méthodes, de retirer un alcali solide de l'extrait aqueux des racines, l'auteur passa à l'examen des extraits alcoolique et éthéré.

L'extrait alcoolique des racines séchées fut agité, après évaporation de l'alcool, avec des volumes égaux d'eau et d'éther; dans ce traitement, une petite partie de la masse résineuse résista à l'action des agents dissolvants, et demeura en suspension à la surface de séparation de l'eau et de l'éther. Le résidu obtenu par évaporation de l'éther, résidu qui, de même que celui de l'extrait alcoolique, était extrêmement vénéneux, fut traité de diverses manières pour séparer le principe toxique. Mais, ni par l'alcool de 0,91 p. s., ni par celui de 0,945 p. s., on ne réussit à opérer une séparation; on n'y parvint pas davantage à l'aide de la chaux éteinte et de l'alcool de 0,91 p. s., et le traitement de la masse résineuse par le carbonate de soude, la potasse et le bisulfate de potasse resta également sans succès. Le carbonate de soude avait bien enlevé à la masse résineuse une petite quantité d'une certaine matière, mais celle-ci n'agissait pas comme poison.

On prépara un extrait alcoolique avec les racines préalablement épuisées à différentes reprises par l'eau. La dissolution filtrée fut précipitée par l'acétate de plomb, et le précipité fut séparé par filtration. On ajouta ensuite de l'ammoniaque jusqu'à réaction faiblement alcaline, et, après que le précipité qui avait pris naissance se fut bien déposé, on filtra de nouveau et on fit passer dans le liquide un courant d'hydrogène sulfuré, pour précipiter le plomb

qui restait encore dissous. La solution ayant été débarrassée par le filtre du sulfure de plomb formé, on en chassa l'alcool par distillation et on traita le résidu par l'éther; la dissolution se fit d'une manière complète. La benzine se montra égalcment impuissante à effectuer une séparation, mais celle-ci fut obtenue par le sulfure de carbone qui opéra la dissolution de la matière toxique. Après avoir filtré cette solution et en avoir retiré le sulfure de carbone par distillation, le résidu fut broyé d'abord avec de l'alcool amylique, puis avec de l'éther acétique, enfin avec du naphte de pétrole. Comme il se trouva être soluble en entier dans ces divers agents, bien qu'évidemment il ne fût pas encore homogène, l'auteur dut chercher d'autres moyens pour isoler le principe vénéneux. Il ne parvint pas toutefois à l'obtenir dans un état de pureté parfaite.

Un extrait éthéré des racines fut mis dans un vase poreux, qu'on plaça dans un verre à précipité rempli d'éther jusqu'au niveau du liquide contenu dans le vase poreux. Le tout fut recouvert d'une cloche dont la capacité intérieure était séparée de l'air ambiant par une couche de mercure. L'appareil ayant été abandonné pendant 8 jours à lui-même, on procéda à l'examen. Le résidu fourni par la solution éthérée extérieure ne possédait pas la couleur foncée qui distinguait le résidu du liquide contenu dans le vase poreux; on ne remarquait d'ailleurs aucune autre différence extérieure. Comme, malgré les nombreux résultats négatifs obtenus, l'auteur continuait, eu égard à l'action caractéristique de la racine sur l'organisme, à regarder comme probable la présence d'une matière de nature alcaloïde, il fit une dernière tentative pour s'en assurer. Il savait déjà que le carbonate de soude enlève une substance particulière au résidu en question, et que le bisulfate de potasse est sans action sur cette masse résineuse. Il était possible que le bisulfate parvînt à extraire un alcaloïde après qu'on aurait éloigné d'abord, au moyen du carbonate de soude, l'acide qui se trouvait combiné avec l'alcaloïde. On rencontre en effet, dans la chimie inorganique, des combinaisons telles que certains silicates, dont la base n'est attaquée par les acides qu'après que l'acide silicique a été séparé du sel par une

dissolution, soit de carbonate de soude, soit de soude caustique. Mais, pas plus que les précédentes, cette méthode ne fit découvrir un alcaloïde.

Les deux masses résineuses se comportaient d'une manière différente avec le sulfure de carbone: celle qui provenait du liquide extérieur était soluble en entier dans le sulfure, tandis que la masse fournie par le liquide resté dans le vase poreux se dissolvait bien en grande partie, mais non complétement. Le résidu de la première solution fut traité par le naphte de pétrole qui ne put en dissoudre qu'une petite partie. La dissolution filtrée fut abandonnée à elle-même dans une capsule de porcelaine, et, après évaporation du naphte, le résidu fut épuisé par l'alcool à 75 %, qui détermina une nouvelle séparation. L'évaporation spontanée de l'alcool laissa une masse molle, grenue, colorée en jaune, et extrêmement vénéneuse. Redissoute dans l'alcool, elle précipitait par différents sels métalliques. Pour décider quelle était la matière précipitée, si c'était le principe toxique ou quelque autre substance, on prépara un nouvel extrait éthéré des racines, on reprit par l'alcool à 75 % le résidu de cette solution, et on précipita par l'acétate de cuivre; le précipité fut ensuite soumis aux traitements décrits plus haut. On reconnut ainsi que les sels métalliques précipitent une matière molle, verte et qui n'agit pas comme poison; ce résultat était assez inattendu, car on aurait pu supposer, au contraire, que la matière obtenue serait plus vénéneuse que celle qui n'a pas été traitée par l'acétate de cuivre. Le sel métallique ou le sulfure de carbone auraient-ils agi sur la substance toxique, et quelle a été, dans ce cas, la nature de l'action? L'auteur reconnaît qu'il est hors d'état de répondre à ces questions, aussi bien qu'à celle qui concerne la nature du principe toxique. Quant à ce dernier, il fait observer seulement qu'il y a peu d'espoir de l'obtenir parfaitement pur, vu qu'il ressort clairement de toutes les manipulations auxquelles ont été soumises les masses résineuses renfermant la substance toxique, que celle-ci, aussi bien que les matières qui l'accompagnent encore, possède un caractère prononcé d'indifférence chimique.

NOTE SUR LE

SPECTRE SOLAIRE,

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

Cette note a pour objet d'apporter une certaine extension et quelques corrections au dessin que j'ai donné antérieurement du spectre solaire (V. *Arch. Néerl.*, T. II, p. 123). Le moment viendra peut-être où je pourrai exécuter une représentation encore plus exacte et plus parfaite de ce spectre; les indications qui suivent trouveront alors leur emploi naturel, et, en attendant, elles ne laisseront pas que d'avoir une certaine utilité.

La fig. 5 Pl. XV, représente la région située entre la raie 44 et la large bande 51β, telle qu'elle a été obtenue au moyen du prisme de flint-glass Merz n°. V, qui surpasse un peu en pouvoir réfringent le prisme Steinheil n°. I dont j'avais fait usage pour mon dessin, et qui a aussi, surtout à l'extrémité violette du spectre, un pouvoir dispersif plus énergique. Pour toutes les matières fortement réfringentes, la dispersion augmente plus rapidement à cette extrémité violette, et en même temps les raies y deviennent de plus en plus indistinctes; il se peut que cette altération de netteté tienne en partie au défaut d'achromatisme de la lunette observatrice, mais il est probable que, pour une grande partie aussi, elle est due à l'absorption produite par le milieu réfringent, absorption s'exerçant de préférence sur les rayons de moindre longueur d'onde. Le prisme Merz n°. V a été tourné, pour toutes les raies dont il s'agit ici, à leur minimum de déviation. Une minute d'accroissement de la déflexion du rayon lumineux se trouve représentée dans le dessin par 1,5 millim. Les distances de ce dessin, pour être ramenées à la même échelle que celles de la gravure du tome II des *Archives*, doivent être diminuées dans le rapport de 3 à 2, ou, plus exactement de 68,5 à 40,4.

Les observations suivantes donneront quelques éclaircissements au sujet de ce dessin:

44 est une raie assez large;

dans la raie 45, la dispersion plus énergique développe deux raies séparées, 45α et 45β, dont la seconde, la plus réfrangible, est la plus foncée;

(45) est une raie étroite et peu accentuée;

46 est une raie large et foncée, un peu entourée de nébulosité;

(46) est une petite raie déliée et foncée;

[46] est une petite bande cotonneuse et médiocrement foncée;

{46} est une bande cotonneuse beaucoup plus foncée, et qui probablement a donné parfois lieu à confusion, de ma part, avec la raie 47;

47 est une raie qui ne se détache pas suffisamment des parties voisines;

entre 47 en 48, environ à mi-chemin, se trouve une bande moins distincte, cotonneuse;

48 est une raie foncée, assez large, qui se réunit avec la bande précédente quand la dispersion est moins forte;

(48) est une raie étroite, assez peu foncée, entourée d'un peu de nébulosité;

(49) est une raie obscure bien caractérisée;

entre 49 et la raie suivante 50, à distance égale environ, il y a une petite raie faible;

50 se compose d'une bande cotonneuse assez large, et d'une raie bien prononcée qui en forme la limite la plus réfrangible; comme dans d'autres cas analogues, je désigne maintenant par 50α le milieu de la bande et de la raie prises ensemble (50 de la Table primitive), et par 50β la raie la plus réfrangible considérée isolément.

(50) est une raie déliée, peu foncée;

[50] est une raie assez large et assez obscure;

{50} est une bande assez large, peu foncée, cotonneuse;

51α est une bande assez large, dont le milieu est la partie la plus obscure;

51β, enfin est une bande cotonneuse, ayant la même largeur que la précédente, mais beaucoup plus faible et déjà difficile à distinguer.

TWELLO, 15 Juin 1868.

NOUVEAUX MATÉRIAUX

POUR

SERVIR A LA CONNAISSANCE DES CYCADÉES,

PAR

F. A. W. MIQUEL [1]).

Quatrième partie.

CYCADÉES DE L'AFRIQUE.

Dans le domaine de la flore d'Afrique on rencontre trois genres de Cycadées: *Cycas*, avec une espèce (*C. Thouarsii*, déjà mentionnée précédemment), qui se trouve à Madagascar et aux îles Mascareignes, mais qui n'a pas encore été découverte sur le continent voisin; *Encephalartos*, avec 12 espèces faisant partie de la flore de la Cafrérie, au N. E. du Pays du Cap proprement dit, et qu'on peut supposer répandu dans tout l'intérieur du continent, depuis que M. Barter a trouvé dans l'Afrique occidentale, près du fleuve Niger (V. plus haut), une espèce qui se rencontre également à Natal; *Stangeria*, représenté par une seule espèce de l'Afrique méridionale.

Les deux derniers de ces genres sont exclusivement africains. Thunberg décrivit le premier *Encephalartos*, sous le nom de *Cycas caffra*, en 1775; Linné *fils* le nomma *Zamia Cycadis* et détermina

[1]) V. *Arch. néerl.*, T. III, p. 193.

ainsi plus exactement sa place dans le système; les espèces découvertes postérieurement furent rangées dans le genre *Zamia* jusqu'à l'époque moderne. Jacquin, qui introduisit un grand nombre de plantes du Cap dans le jardin impérial de Schoenbrun, décrivit, dans son magnifique ouvrage *Fragmenta botanica*, les *Zamia cycadifolia*, *longifolia*, *lanuginosa* et *horrida;* Willdenow décrivit le *Z. tridentata*, Aiton le *Z. pungens.* Depuis lors des spécimens continuèrent à arriver du Cap dans nos jardins botaniques. Si, dans leur détermination, beaucoup d'erreurs furent commises, j'en attribue surtout la cause à ce que les *Fragmenta* dispendieux de Jacquin ne pouvaient être consultés partout, et que les descriptions concises des ouvrages systématiques ordinaires ne suffisaient pas pour faire reconnaître les espèces avec certitude. Une autre source d'erreurs provenait de la fixation des espèces d'après de jeunes exemplaires, lesquels diffèrent souvent beaucoup de la plante adulte par la forme des feuilles. L'absence assez fréquente des organes de la fructification contribuait également à rendre les caractères incomplets. A une époque plus récente, des espèces inconnues furent découvertes dans l'intérieur de l'Afrique méridionale par Ecklon, Zeyher et Drège, et de nombreux pieds vivants, tant de ces nouvelles acquisitions que des espèces déjà connues, furent introduits dans les jardins botaniques, principalement dans celui de Hambourg. Le professeur Lehmann décrivit ces espèces dans son *Pugillus sextus* (1834), et montra en même temps que les *Zamia* du Cap s'éloignent sous beaucoup de rapports des types américains sur lesquels le genre avait été primitivement fondé, et qu'ils forment un genre distinct, auquel il donna le nom d'*Encephalartos.* Cette opinion avait d'ailleurs déjà été énoncée, bien des années auparavant, par R. Brown: „Species americanae, quae *Zamiae genuinae*, a *capensibus* et *Novae Hollandiae* forsan genere distinguendae."

Je ne rappellerai pas ici les autres travaux dont ce genre a été l'objet; on en trouvera l'énumération dans ma Monographie et dans le Prodromus Systematis Cycadearum. Je ferai remarquer seulement que toutes les recherches postérieures ont confirmé les

caractères du genre *Encephalartos*, et mis en évidence les grandes différences qui le séparent du genre *Zamia*. La structure interne des tiges fournit un caractère particulier, dont j'ai essayé précédemment (*Linnaea*, XVIII, p. 142) de faire une application taxinomique, d'après les travaux de MM. Brongniart et Mohl et d'après mes propres recherches; les investigations de M. H. Karsten (*Abhandl. Berl. Acad.*, 1856) et de M. Mettenius (*Abh. der K. Sächs Gesellsch. d. Wiss.*, VII) ont apporté une nouvelle confirmation aux caractères anatomiques des genres. Il en est de même pour les feuilles. Les folioles, a-t-on dit, sont fixées sur le rachis, sans articulation chez l'*Encephalartos*, avec articulation chez le *Zamia*: d'une manière générale, cet énoncé peut encore être maintenu aujourd'hui, bien que je doive faire observer que chez quelques espèces d'*Encephalartos* la base des folioles est légèrement renflée et indique un commencement d'articulation, par exemple chez les *E. villosus*, *Altensteinii*; *cycadifolius*, *latifrons*. La vraie signification de cette articulation ne nous a été dévoilée que tout récemment par M. G. Krans (*Ueber den Bau der Cycadeënfiedern*, dans les *Jahrbücher* de Pringsheim, IV, p. 305), tandis que beaucoup de jour avait déjà été jeté auparavant, par M. Bornemann, sur la structure des folioles (*Organische Reste der Lettenkohle Thüringens*). Si l'on ajoute à tout cela la différence des organes de la génération, on doit regarder ce genre comme établi sur une base suffisante. Les caractères tirés des organes de la fructification, bien que, à première vue et dans une comparaison abstraite avec les formes des genres voisins, ils semblent moins importants, empruntent de la valeur de leur constance dans toutes les espèces du genre, ainsi que de la considération qu'ils concernent les organes de la fonction la plus élevée; il faut, en outre, appliquer ici la règle suivant laquelle la valeur des différences s'accroît à mesure que le type d'organisation se simplifie et que la somme des différences est plus petite.

Je n'ai que quelques nouvelles observations à ajouter à ce que j'ai publié antérieurement sur les espèces de ce genre. Je me bornerai donc à circonscrire d'une manière plus rigoureuse les

caractères génériques, et à présenter quelques remarques au sujet des espèces, dont je donnerai la liste complète, avec les synonymes.

ENCEPHALARTOS LEHM.

LEHM. *Pugill.* VI. p. 9. *excl. excl. Cycadis sp.* THUNB. *Zamiae spec.* LINN. *fil.*, AITON, JACQ., WILLD., *Arthrozamia* REICHENB. *Conspect. Veget.* (*nomen*).

Truncus cicatrisato-squamatus. Folia pinnata, cum foliolis plurinervulis vernatione stricta, haec imbricata. Androphyllorum cuneatorum pars locellifera cuneiformis, apex sterilis truncatus brevis decurvus; carpophylla pedunculato-peltata, sub peltâ crassâ rhombeo quadrangulari biovulata, matura colorata; seminum integumentum extus succosum (heterochroum).

Generis distributio ab Africâ australiore usque ad aequatorem, hunc in regionibus Nigritiae paullo transgrediens. Truncus ovoideus, dein etiam cylindrico-elongatus, petiolorum basibus persistentibus spiraliter cicatrisatus, cylindro ligneo irregulariter zonato fasciculis vasorum e vaginâ medullari ortis versus folia tendentibus perfossus, gemmâ terminali foliigenâ perulatâ, foliis pinnatis, pinnis haud articulatis, subtus inter nervos stomatiferis, integerrimis, serratis vel praesertim ad marginem inferiorem sublobatis, apicibus dentibusque utplurimum spinoso-acutis; nervis parallelis densis simplicibus bifidisque, ad apicem dentesque directis; epidermide sub iuventute saepe piliferâ, plerumque cito glabrescente; conis utplurimum solitariis, femineis brevioribus et crassioribus.

Species hactenus cognitae:

§ 1. Foliola linearia rigida:

† marginibus revoluta:

1. E. CYCADIFOLIUS LEHM. *Pugill.* VI. p. 14. MIQ. *Monogr.* p. 43. *Prodr.* p. 8 et 18.

Syn. *E. Friderici Guilielmi* LEHM. *l. c. p.* 8—11 (*t. sp.*). MIQ. *Monogr.* p. 44. ENDL. *Paradis. Vind. fasc.* VII.

E. Ghellinckii LEMAIRE *in Illustrat. Horticole* XIV. p. 79 *Misc.* (*Zamia hort.* VERSCHAFF.).

Zamia cycadifolia JACQ. *Fragm.* I. p. 27 (*t. sp.*).

Icones: JACQ. *l. c. tab.* 25 *et* 26. LEHM. *l. c. tab.* I—III. *Parad. Vind. l. c.*

Crescit in Africâ australiore, in Caffrariae regionibus montanis, v. c. in m. Windvogelberg ad 4000—5000 ped. alt., m. Nov. et Dec. fructif.: DRÈGE. — In hortis nostris folia cito glabrescere solent. Rhachis exemplaris a WILSON SAUNDERS in hort. Kewensem introducti a dorso fere rectangule exserta; petiolus antice leviter convexus, in siccis tetragonus apparet. Foliola exemplaris in horto Kewensi culti $4\frac{1}{2}$ poll. longa, $1\frac{1}{2}$—$1\frac{3}{4}$ lin. lata, praesertim subtus 7- 8-nervula.

†† plana:

2. E. PUNGENS LEHM. *Pug.* VI. p. 14. MIQ. *Monogr.* p. 42. *excl. syn.* TILLII (*et specimine horti bogoriensis*). *Linnaea* XIX. p. 419. *Prodr.* p. 8 et 18.

Zamia pungens AIT. *Hort. Kew.* WILLD. *Sp. pl.* II. p. 845. *t. sp., non hortorum hoc tempore* (*cf. E. Lehmanni, aliosque*).

Icon.: MIQ. *in Linnaea l. c. tab.* IV, *ad ipsius* WILLDENOWII *exemplar* (*herb. n.* 18530).

Diu dubitavi, an haec species, in hortis rara, reverâ sit planta africana, nec unquam eam in collectionibus ex Africâ allatis vidi. Exemplar horti Gandavensis (*Monogr. l. c.*) potius iuvenilis Macrozamia videtur. — An folium herbarii Willdenowiani sit plantae adultae vel iuvenilis, haud constat. A Macrozamiis foliolorum basibus non callosis satis differre videtur. Dubia mihi autem sunt, an species AITONII eadem sit ac WILLDENOWII; ex nomenclaturâ hortorum anglicorum suspicarem Aitonianam speciem eandem esse ac *E. Lehmanni.* Eo enim tempore quo haecce species ab ECKLONO advecta et LEHMANNI nomine exornata est, in hortis, v. c. Amstelodamensi, Roterodamensi aliisque eandem *Zamiae pungentis* nomine iam videram. Caeterum haec dubia botanicis anglis ad solvendum commendata esse velim.

3. E. TRIDENTATUS LEHM. *Pug.* VI. p. 13. MIQ. *Monogr.* p. 45. *Prodr.* p. 8 et 19.

Syn.: *Zamia tridentata* WILLD. *Sp.* II. p. 845, *t. sp. herb. n.* 18531.
Zamia occidentalis, *Z. unidentata hort.* LODDIG. *Catal. n.* 177?.
Zamia spiralis hortor. quorundam.
Cycas intermedia horti V. HOUTTE.

Encephalartos spiralis hortor. compl. et in OTTO *et* DIETR. *Allg. Gartenz.* 1838. p. 324, *Bull. Sc. phys. et nat. Néerl.* 1838. p. 84.

Icon.: MIQ. *Monogr. tab.* VI *exemplar herb.* WILLD. *auth. n.* 18531 *exhibens.*

Sterilis tantum cognita. Dubia de eius patriâ nunc solvit planta viva a. 1863 e Promontorio b. Spei in hortum Kewensem introducta, cum speciminibus Willdenowianis exacte congruens. Eodem tempore in hortos belgicos introducta est. In plantis his iuvenilibus petioli sunt pedales, laminâ paullo breviores, cum rhachi semiteretes, antice plani, imâ basi fusco-subvaginati et griseo-villosi; foliola subdecurrenti-inserta, anguste linearia, 3—3½ poll. longa, superiora breviora, apice spinulose bi- tri- denticulata, saturate viridia, nervis circiter 5 parum prominulis, herbacea, flexibilia, exceptis supremis patentia. — Adultioris exemplaris folium in herbario LEHMANNI vidi et descripsi in *Monogr.* p. 46. Ad eandem speciem pertinere videtur semen germinans quod in *Linnaea* XXI. p. 563, *tab.* VI. descripsi.

§ 2. Foliola lanceolata, elongata, aut oblongo-elliptica, pleraque et fere semper integerrima, rigida, pungentia.

4. E. ELONGATUS LEHM. *in* MIQ. *Comment. Phytogr.* p. 60. *Bull. Néerl.* 1838. p. 11. *Monogr.* p. 46. *Tijdschr. Nat. Geschied.* X. p. 70. *Prodr.* p. 9 et 19.

Syn.: *Zamia pungens* LODDIG. *Catal n.* 165 *t. sp.*

Icon.: MIQ. *Comment. Phyt. tab.* XIII. *Tijdschr. l. c. tab.* VIII, *fig.* A.

Species in hortis rarissima; vidi unicum exemplar in horto bot. Roterodamensi, e Prom. B. Spei allatum. Colebatur etiam in horto Hamburgensi.

5. E. LEHMANNI ECKL. *ap.* LEHM. *Pugill.* VI. p. 14. MIQ. *Monogr.* p. 47. *Prodr.* p. 9 et 19.

Syn.: *Cycas glauca* VAN ROYEN *herb. a.* 1777.

Zamia pungens hortor. complur. et ECKLON *herb.*

Zamia Lehmanniana ECKL. *et* ZEYH. *in* OTTO *et* DIETR. *Allg. Gartenzeit.* 1838. p 158.

Zamia glauca et Z. glaucescens hortor.

Encephalartos spinulosus LEHM. (*Zamia spinosa hort.*) *in Tijdschr. Nat. Geschied.* IV. p. 420 *t. sp. refert plantam iuvenilem* (*cf. Linnaea* XIX. p. 420).

Icon.: *Allg. Gartenz. l. c. tab.* I. *Tijdschr. Nat. Geschied. l. c. tab.* VIII. *fig. B.*

Haec species iam ante ECKLONUM in hortos anglicos et batavos introducta; an ab AITONIO sub *Z. pungenti* descripta fuerit (quo casu nomen hoc restituendum) diiudicare nequeo. Iuvenile exemplar in *herb.* PERSOONII vidi (*Bull. Néerl.* 1838, p. 83). De foliorum in plantâ iuvenili formâ diversâ cf. *Monogr.* p. 50. Caeterum haec species colore foliorum intense glauco, foliolis adultarum rigidis integerrimis, margine praesertim superiore leviter tumidulo-incurvis, subtus nervulis subdepressis zonisque stomatiferis interiectis pallidioribus striulatis ab affinibus discernenda. Carpophylli pelta in processum prismaticum truncatum producta. — Forsan varietatis titulo huc ducendus *E. mauritianus hort.* MIQ. *Monogr.* p. 48, foliolis margine inferiore passim unidentatis, cultus in Palmophylacio Regis Borussiae in ins. Pavonum. A varietate *revolutâ E. lanuginosi* etiam haud multum differt.

6. E. LONGIFOLIUS LEHM. *Pug.* VI. p. 14. MIQ. *Monogr.* p. 54. *Prodr.* p. 9 et 19, *excl. var. revolutâ et forsan angustifoliâ.*

Syn.: *Zamia longifolia* JACQ. *Fragm.* II. p. 28 (*non hortor. belg. quorundam quae Ceratozamia mexicana*).

Zamia Caffra, *Z. Cycadis*, *Z. pungens hortor.*

E. pungens hort. quorundam.

Encephalartos Caffer HOOK. *Bot. Magaz. tab.* 4903 *excl. syn. excl.*

Icon.: JACQUIN *l. c. tab.* 29, HOOK. *l. c.*, utraque optima.

Species in hortis vulgaris, valida, cum sequenti saepissime confusa, trunco demum elato cylindraceo maximam partem glabro, foliis saepe 5—6-pedalibus rigidis griseo-saturato-viridibus, petiolo crasso digiti crassitiem excedente, obtuse rhombeo-tetragono, adultorum foliolis omnibus integerrimis, iuniorum praesertim infimis uno alterove dente munitis; apice nunc spinoso-acutis nunc vero subcalloso-incurvulo-muticis. Conus masc. a JACQUINO delineatus ei *E. lanuginosi* quem in horto Amstelod. observavi, simillimus, sed paullo crassior. In *E. lanuginoso* truncum utplurimum magis minusve lanatum humiliorem ovoideum observavi, frondes breviores, foliola inferiora adultorum etiam uno alterove dente munita, in universum paullo angustiora margineque superiore haud raro magis revoluta.

Crescit in regionibus montanis Caffrariae. — Ex Algoa-bay etiam introductus, a cl. YATES missus nomine E. caffri.

7. E. LANUGINOSUS LEHM. *Pugill.* VI. p. 14. MIQ. *Monogr.* p. 56. *Prodr.* p. 9 et 20.

Syn.: *Zamia lanuginosa* JACQ. *Fragm.* I. p. 28.
Zamia caffra hort. complurium.
Encephalartos caffer LEHM *l. c.* MIQ. *Monogr.* p. 51 (*excl. synonymis* THUNBERGII *et* LINNAEI *filii. Linnaea* XIX. p. 423) *et hortorum omnium nostro tempore.*
Zamia elliptica LODDIG. *Cat. n.* 173, *forsan et eiusdem n.* 166 (*Z. horrida*).
E. horridus var. lanuginosa MIQ. *in Ann. Sc. nat.* 2d *ser.* X. p. 367.
E. pungens hort. anglic. quorund.
Icon.: JACQ. *l. c. tab.* 30 *et* 31 *iuvenile exemplar.*

Varietas tridens MIQ. *Monogr.* p. 57.

Syn.: *Encephalartos tridentatus hort.* (*non* LEHM.). *Zamia tridentata* LODDIG. *Cat.*

Var. revoluta MIQ. *Monogr.* p. 55. (*sub E. longifolio*).

Syn.: *E. revolutus hort.*

? *Var. angustifolia* MIQ. *l. c. p.* 56 (*sub E. longifolio*).

Syn.: *Z. pungens horti Parisini.*
Haec varietas ulterius exploranda; species forsan distincta, cnm E. elongato conferenda.

Species vix rara, prope Uitenhage, Vanstaadesberg, ad alt. tertiam a DRÈGE lecta. In hortis etiam satis divulgata et a superiore, nisi exemplaria provectiora comparaveris, saepe difficili negotio discernenda. Caudicis lanugo autem satis constans est.

8. E. CAFFER MIQ. *Prodr.* p. 9 et 20 (*excl. semine in Linnaeá* XIX *depicto*): *non* LEHM. *nec alior.* — MIQ. *Monogr.* p. 53 (quoad syn. THUNB. et LINNAEI *fil.*).

Syn.: *Cycas caffra* THUNB. *in Nov. Act. Upsal.* II (1775) p. 283—288.
Cycas villosa VAN ROYEN *herb.* a. 1777 (*E. Royeni* MIQ. *in schedul.*).
Zamia Cycadis LINN. *fil Suppl.* p. 443.
Zamia caffra THUNB. *Fl. Cap.*
Zamia (*villosa*) *caffra* GAERTN. *de fruct. et sem.* I. p. 15.
Zamia cycadifolia herb. L. B.
E. cycadifolius? MIQ. *in Bull. Sc. ph. et nat. Néerl.* 1838, p. 83.
E. brachyphyllus LEHM. *in Cat. Pl. Horti Hamburg.* 1836. MIQ. *l. c. p.* 83. DE VRIESE *in Tijdschr. Nat. Geschied* IV. p. 414.
E. cycadifolius herb. DRÈGE.
Icon.; THUNB. *in Act. Ups. l c. tab.* V (*bona*). GAERTN. *l. c. tab.* VI (*conum bene exhibet*). DE VRIESE *in Tijdschrift l. c. tab.* VI. *fig.* A—E. *tab.* VII. *fig.* a—f (*optima*).

Species a THUNBERGIO detecta, a. 1776 a Do. HENR. SWELLENGREBEL e Prom. b. Spei in hortum suburbanum Rheno-Traiectinum missa, quod exemplar serius in horto Amstelod. observavi idemque a b. DE VRIESE *l. c.* descriptum est. Vidi etiam folia ab ECKLONO lecta. — Synonymorum confusionem in *Prodr. l. c.* exposui, et nomen genuinum prioritatis iure restitui. Foliolis inversis ab omnibus perdistincta species. Crescit humilior haec species in regionibus ad fl. Vischrivier, Kromrivier, in Langekloof, in declivibus montium et collium, ubi legerunt THUNBERG et DRÈGE. — Conus masc. a cl. YATES mecum communicatus cum icone a DE VRIESE editâ optime congruit, $5\frac{1}{2}$ poll. longus, cylindricus, sursum leviter attenuatus, $1\frac{3}{4}$ poll. crassus, gyris spiralibus 6, singulis ex androphyllis 18, 19.

§ 3. Foliola (viridia) elliptica oblongave, utplurimum utroque margine spinose dentata.

9. E. VILLOSUS LEMAIRE *Illustr. hortic.* XIV. p. 79 (*a.* 1867).
E. Barteri CARRUTH. *mss.* MIQ. *supra* (2da pars, p. 46).

Zamia villosa VERSCHAFF. *hort.*

Icon.: *edenda in* HOOK. *Icon. Plant., nova series.*

Crescit in Africâ tropicâ occidentali, in regione fluminis Niger (BARTER); in Africa austr. ad Natal a MACKEN lectus colitur in horto Kewensi.

E breviore speciminis sterilis adumbratione antea eruere haud potui an *E. villosus* idem sit ac *E. Barteri;* differre putabam foliorum rhachi cylindraceâ robustâ, foliolis longioribus utrinque 30—90 „angustissime elliptico-linearibus” 6—$7\frac{1}{2}$ poll. longis, illâ densissime tomentosâ. Folia tota 2—$2\frac{1}{2}$-metralia dicta, itaque longiora quam *E. Barteri* a me explorata. Ad *E. Barteri* autem nunc refero, postquam *E. villosum* ex eâdem ac ille regione Nigritiae advectum fuisse, compertum habuerim (Cf. *der Gartenfreund. Wien 1 Jahrg. n. 2*, p. 13 ubi *Z. lanuginosae* nomine enumeratur exemplar ex horto Verschaffeltiano missum). Diagnosis LEMAIREI certe ad exemplar aetate provectius descripta erat.

Observ. Nomine *E. villosi* in hortis etiam exstant exemplaria Encephalarti cuiusdam iunioris, quae a *Zamiâ spinulosâ hort.*

(= pl. iuvenili *E Altensteinii*) distinguere nequeo, quorumque folia novella parce pilifera nec lanata, a vero *E. villoso* prorsus diversa. Eodem nomine etiam *Macrozamias* quasdam in hortis observavi (Conf. supra).

10. E. ALTENSTEINII LEHM. *Pugill.* VI. p. 11—13. MIQ. *Monogr.* p. 51. *Prodr.* p. 10 et 22. *Linnaea* XIX. p. 420.

Syn.: *Zamia spinulosa hortor.*

Z. spinosissima hort. belg. olim.

Icon.: LEHM. *l. c. tab.* III et IV. MIQ. *in Linnaea l. c. tab.* V. *fig.* B. a—d; DE VRIESE *Descript. et Fig. des pl. d. Jard. d. Leyde, fasc.* I. *tab.* 1—2. *fasc.* II *tab.* 10.

Foliolis angustioribus et latioribus, dentiumque numero et situ, trunco glaberrimo et apice lanuginoso valde ludit; singula exemplaria habitum peculiarem prae se ferre solent, nec certi inter sequentes varietates (potius formas) limites statui possunt:

var. semidentata MIQ. *Monogr.* p. 51.

Syn.: *E. Marumii* DE VRIESE *in Tijdschr. Nat. Geschied.* V. p. 188.

Forma huic proxima colitur in horto Kewensi nomine E. caffri, trunco 4-pedali, foliis tripedalibus, petiolo obtuso-tetragono, rhachi dorso valde convexâ, foliolis ad seq. var. accedentibus, plerisque margine superiore integerrimis, inferiore 2—3-dentatis, raro utrinque 1—2-dentatis.

β eriocephala DE VRIESE *in Kruidkundig Archief* I. p. 171. OUDEMANS *in Versl. en Med. Kon. Akad.* XVI. p. 252.

γ angustifolia MIQ. *Monogr.* p. 52.

Syn.: *Encephalartos glaber Hortor.*

Zamia glabra PARMENT.

Testibus ECKLON et ZEYHER in Africae australioris regionibus interioribus montanis provenit, sed rarior videtur. Complura nuper exemplaria viva in horto Kewensi culta exploravi, quae ad formas illas apte referre, tanquam distinctas species autem distinguere haud potui. Foliorum color a glauco remotissimus, nunc pallidius cum levi flavedine virens, nunc viridior, semper adspectus leviter nitentis. Petioli forma in hâc specie ludit inter tetragonam et trigonam, propter faciem anticam nunc depressam, vulgo tamen exsertam.

§ 4. Foliola (vulgo glauca) praesertim margine inferiore lobato-dentata.

11. E. HORRIDUS LEHM. *Pugill.* VI. p. 14. MIQ. *Monogr.* p. 17. *Tijdschr. Nat. Geschied.* VI. p. 90. *Prodr.* p. 9 et 21, *excl. var. latifronde.*

Syn.: *Zamia horrida* JACQ. *Fragm.* I. p. 27.

Icon.: JACQ. *l. c. tab.* 27—28. MIQ. *Monogr. tab.* I. *fig.* n. *et tab.* II. *fig.* f—p (*org. generat.*). *Tijdschr. l. c. tab* III et IV (foliorum variationes). *Carpophylla* in LEMAIRE *Illustr. hortic.* X. p. 42 *Miscell.*

Inter omnes maxime protea species; variat et aetatis et propriis exemplarium rationibus nec unquam invenies duo exemplaria foliis conformia. Glaucus color et foliorum haud longorum foliola non nisi raro integra sed plerumque praesertim margine inferiore in lobulos paucos dentiformes latos spinoso-acutos squarrososque divisa, truncus ovoideus tomentum raro omne deiiciens, conus masc. elongato-cylindricus utrinque leviter attenuatus femineusque ovoideus, glabri maturi flavescentes (in *Monogr.* p. 59 descripti et in tabb. citt. delineati) characteres sistunt essentiales.

Innumerae formae, in caldariis frequenter observandae in sequentes cohortes colligendae:

a. *Hallianus* MIQ. *in Allg. Gartenz.* 1838, p. 320. *Tijdschr. Nat. Geschied.* VI. p. 100—102.

Syn. *E. van Hallii* DE VRIESE *in Tijdsch. Nat. Gesch.* IV. p. 422.

Icon. *Tijdschr. Nat. Gesch.* IV. *tab.* X. *fig.* A—C, VI, *tab.* III. formas transitorias exhibens.

b. *Aquifolius.* Staturâ paullo robustior, foliolis latioribus, *latifrondi* proximus.

Syn. *Encephalartos aquifolia* LODDIG. *Cat. n.* 169.

c. *Status invenilis*, in hortis botanicis frequens. MIQ. *Prodromus*, p. 21.

Syn. *E. nanus* LEHM. *in Tijdschr. Nat. Gesch.* IV. p. 421. *tab.* VIII. *fig.* C. MIQ. *Monogr.* p. 60.

Zamia glauca, nana, aurea hortor. Cave ne cum pl. novellis *E. Lehmanni* confundas.

Haec species e Caffrariâ proxime ad regionem Kapensem accedere videtur, quare forsan frequenter introducta, in Caldariis europaeis valde divulgata. Folia non nisi perquam senilia glau-

cedinem exuunt. — In foliis spontaneorum quae a DRÈGE lecta examinavi, foliola densiora breviora et magis squarrosa, in cultis, praesertim in calidioribus caldariis longiora saepeque angustiora evadere solent. Caeterum conf. foliolorum formas numerosas in *Tijdschr. Nat. Geschied. vol.* VI. *l. c.* a me propositas.

12. E. LATIFRONS LEHM. *in Tijdschr. Nat. Gesch.* IV. p. 424.

Syn. *E. horridus* LEHM. *var. latifrons* MIQ. *Monogr.* p. 59. *Tijdschr. Nat. Gesch.* VI. p. 244. *Allg. Gartenz.* 1838, p. 326. *Prodr.* p. 9 et 24. *Linnaea* XIX. p. 424. Non *Zamia latifolia* LODDIG. (*E. latifolius* STEUD. *Nomencl.*), quae sub *Z. furfuraceâ* infra conferenda.

Icon.: DE VRIESE *in Tijdschr. Nat. Geschied.* IV. *tab.* IX. *fig.* A.B. MIQ. *in vol.* VI. *tab.* III.

Antea ad formas E. horridi, cui exemplaria iuniora foliis minoribus instructa valde similia sunt, a me ductus, nunc folio exemplaris vetustioris a cl. YATES, qui plantam authenticam ex ipso horto Hamburgensi accepit, meliora edoctus specifice distinguo propter folia longiora cum petiolo $\frac{1}{2}$-pedali ultra 4-pedalia, saturate viridia non glauca, lucida, ambitu lineari-oblongata; petiolus subtetragono-cylindraceus digitum crassus, sed postice convexior, rhachis dorso valde convexa, lateribus inter foliola sulcata, antice in costam rotundatam eminens; foliola utrinque 32, pleraque subopposita, crasse coriacea, rigida, supra lucida et saturate viridia, subtus pallidiora parumque lucidula, nervis striulata, basi latâ ($\frac{1}{2}$ poll.) pallidâque inserta ibique constricta, insertione perpendiculari leviter deorsum subdecurrenti, media longissima, infima elliptico-abbreviata, reliqua oblonga, omnia apice et dentibus spinoso-acuta, margine superiore integerrimo rectiusculo, inferiore dentibus lobuliformibus divaricatis 1—3 (si 2—3 tum inferiores dentes minores) exciso, marginibus leviter incurvula, caeterum subplana, saltem dentes non flexuosi nec squarrosi, $\frac{1}{2}$ pedem longa, $1\frac{1}{2}$—$1\frac{3}{4}$ fere 2 poll. lata, superiora angustiora magis lanceolata; perraro foliolum unum alterumve integerrimum. — Quodammodo accedit ad E. lanuginosum, e longinquo ad E. longifolium. Folium ipsum subrectum, foliola patentia, faciebus subverticalibus, nequaquam faciem singulari modo squarrosam veri

E. horridi prae se ferentia. — Conos ab iis E. horridi diversos esse b. LEHMANN olim in litt. admonuit, sed ipsos nondum vidi.
Crescit in Africae australis regionibus interioribus.

STANGERIA TH. MOORE.

1. ST. PARADOXA TH. MOORE *in* HOOK. *Kew Garden Iourn.* V. p. 228. I. SMITH *ibid.* VI. p. 88. I. D. HOOKER *Bot. Magaz. tab.* 5121. STEVENS *in Proceed. Linn. Soc.* II. p. 340. I. YATES *in Report of the British Associat.* 1854, p. 105 *et ap.* SEEMAN *Bot. Herald* p. 235. *Paradis. Vindob. tab.* 83.

Syn. *Lomaria coriacea* KUNZE *in Linnaea* X. p. 506, *non* SCHRAD. *L. eriopus* KUNZE *ibid.* XIII. p. 152. XVIII. p. 116.

Crescit in Africae australioris regione Natalensi.

Ce genre singulier forme un membre important de la famille des Cycadées par les rapports qu'il présente, d'un côté avec les *Encephalartos* et, à un moindre degré, avec le *Bovenia*, de l'autre côté avec les *Zamia* américains. Il s'accorde avec les *Encephalartos* par l'absence d'articulation à l'insertion des folioles, et par la forme des androphylles, qui toutefois sont un peu peltiformes au sommet dirigé en dehors; il se rapproche du *Bovenia* (et de la seconde section du genre *Cycas*) par l'insertion des ovules dans de profonds sillons des carpophylles. Il a en commun avec les *Zamia* la tige lisse, non rendue écailleuse par les bases persistantes des pétioles, et en général plus petite; le rachis de la feuille, qui dans le bourgeon est replié vers le bas contre le pétiole, rappelle aussi le sommet des feuilles des *Zamia*, qui (chez quelques espèces) montre une légère inflexion du rachis. Mais le *Stangeria* diffère de toutes les Cycadées par les folioles, dont les caractères sont si anormaux, que l'erreur de feu Kunze, qui regarda des feuilles stériles comme appartenant à des Fougères, n'a rien de surprenant. Ces folioles (repliées longitudinalement dans le bourgeon) ont, en effet, un épiderme à parois sinueuses, et des nervures latérales régulières, bifurquées ou indivises, qui divergent d'une forte côte médiane. On a, à bon droit, appelé cette structure tout à fait exceptionnelle dans les Cycadées. On peut toute-

fois la comparer, jusqu'à un certain point, à la nervation parallèle d'autres genres des Cycadées, depuis que M. G. Kraus a fait voir que la côte médiane se compose d'un certain nombre de cordons vasculaires et de canaux gummifères unis par un tissu médullaire, et que ce sont ces cordons vasculaires qui se séparent, en divergeant, sous forme de nervures latérales (*l. c.* p. 340—341). J'ai trouvé des nervures bifurquées chez tous les *Zamia* à larges feuilles, ainsi que dans le genre *Encephalartos* et dans d'autres genres. Chez certains *Zamia* on voit ces faisceaux parallèles très rapprochés dans la base rétrécie des folioles, disposition qui rappelle un peu la structure de la côte médiane du *Stangeria*. (Une disposition analogue s'observe dans le genre *Ophioglossum*, chez les espèces qui ont été distinguées par M. Presl comme étant pourvues d'une nervure médiane). — Dans les folioles des *Cycas*, au contraire, la côte médiane conserve tous ses cordons unis dans toute sa longueur, de sorte que le *Stangeria*, sous le rapport de la nervation, tient le milieu entre ces genres; en même temps, il rappelle les Fougères, et par ses nervures latérales et par la structure de son épiderme, sans toutefois que je voulusse voir dans ce rapprochement une affinité véritable.

Il y a incontestablement une certaine analogie entre les Cycadées de la *Nouvelle-Hollande* et celles de l'*Afrique*. Chacune de ces parties du monde possède *un genre principal*, avec des espèces nombreuses qui peuvent être divisées en groupes à folioles larges et étroites, à tiges élevées et basses: dans la Nouvelle-Hollande le genre *Macrozamia*, en Afrique le genre *Encephalartos*, tous deux fixés surtout au sud de l'équateur. A côté de ces grands genres, chacun des deux continents produit un *genre monotypique* très aberrant, et ces deux genres ont entre eux une grande analogie par la nature des tiges: dans la Nouvelle-Hollande le *Bowenia*, différent de toutes les Cycadées par ses feuilles bipinnées, en Afrique le *Stangeria*, qui dévie par ses nervures latérales, mais qui, par ses folioles inférieures légèrement pétiolulées et sa nervation, se rapproche des feuilles si caractéristiques du *Bowenia*. L'insertion particulière des ovules a déjà été mentionnée plus haut.

Cinquième partie.

Cycadées de l'Amérique.

L'Amérique possède trois genres de Cycadées, *Zamia*, *Ceratozamia* et *Dioon*, qui, en opposition avec les genres des autres parties du monde, forment le groupe naturel des *Zamieae*. Comparée à l'Afrique et à la Nouvelle-Hollande, qui ne comptent chacune que deux genres, et à la flore indienne qui est réduite au seul genre *Cycas*, l'Amérique offre donc une plus grande variété de types, en même temps qu'elle surpasse aussi les autres parties du monde par le nombre des espèces. Mais les espèces elles-mêmes sont en général plus petites, la structure des tiges est plus simple, l'organisation des parties sexuelles plus uniforme et peu différente d'un sexe à l'autre. — Me bornant toutefois, pour le moment, au point de vue purement systématique, je fais remarquer que le genre le plus riche en espèces, *Zamia*, est répandu des deux côtés de Panama, sur le continent et sur les îles, tandis que les deux autres genres, *Ceratozamia* avec environ trois espèces et *Dioon* avec une seule, ne se rencontrent qu'au Mexique. Ces genres n'ont aussi été découverts qu'à une date plus récente, et leurs espèces paraissent n'avoir qu'une aire limitée. Par rapport à ces formes plus isolées, le genre *Zamia* occupe la place que prend, dans la Nouvelle-Hollande, *Macrozamia* vis-à-vis de *Bovenia*, et, en Afrique, *Encephalartos* vis-à-vis de *Stangeria*; dans chacune de ces trois parties du monde se montre un genre riche en espèces et, à côté de lui, un (ou deux) type aberrant avec une espèce unique ou avec un petit nombre d'espèces. Pour la région indienne ou sud-asiatique, la même loi est exprimée dans le genre *Cycas*, qui, à côté des nombreuses espèces très analogues, nous offre une espèce qui s'en écarte à beaucoup d'égards, le *Cycas revoluta*.

Depuis la publication de mon *Prodromus* (1861) notre connaissance des espèces de *Zamia* n'a reçu que peu d'accroissements. Une seule espèce nouvelle a été ajoutée, et la distribution géo-

graphique de quelques espèces connues a été déterminée avec plus de précision. Les caractères anatomiques des genres, toutefois, ont été éclairés sous maint rapport par les investigations anatomiques sur la structure des tiges (G. Mettenius, *Beiträge zur Anatomie der Cycadeën*). L'interruption caractéristique de la couche du cambium dans la tige des *Cycas* et la disjonction qui en résulte entre les couches ligneuses, faits que j'avais signalés antérieurement, existent aussi, d'après les recherches de M. Mettenius, dans la tige des *Encephalartos*; j'ai trouvé une structure analogue dans le genre *Macrozamia*; chez les *Zamia* au contraire, comme l'avaient déjà établi les recherches antérieures de M. Brongniart, et chez le *Dioon*, d'après M. Mettenius, l'accroissement de la couche ligneuse est continu, non interrompu, et le cambium s'étend toujours régulièrement; à en juger d'après une section d'une tige de *Ceratozamia*, je crois pouvoir poser la même loi pour ce dernier genre.

Les Cycadées américaines présentent donc, sous ce rapport, un accord mutuel et une différence avec les Cycadées de l'ancien monde. On observe également, entre *Zamia* et *Dioon* d'un côté et *Encephalartos* de l'autre, des différences notables dans la structure de la racine primaire. La préfoliation particulière des feuilles et l'insertion articulée de leurs folioles ont été reconnus depuis longtemps comme caractéristiques des Cycadées américaines. Un intérêt tout particulier s'attache aux études récentes sur la structure diverse de l'épiderme, l'arrangement des stomates et l'organisation des folioles, études publiées par MM. Bornemann et Gr. Kraus et dont j'ai déjà fait mention. Grâce à elles, les distinctions génériques fondées sur la morphologie extérieure se trouvent complétement justifiées aux yeux de l'anatomiste. „Par la forme des cellules épidermiques," dit M. Kraus, „les Cycadées se placent entre les Conifères et les Fougères." Dans le *Stangeria* on voit la nervation et l'épiderme à parois flexueuses des Fougères. Dans les *Cycas* et les *Encephalartos* (ainsi que dans les *Macrozamia*) l'épiderme se compose, comme chez les *Pinus*, de cellules (disposées transversalement) ayant de trois à six angles. Les genres *Ceratozamia*, *Dioon* et *Zamia* offrent des cellules épidermiques allongées d'une

manière spéciale, semblables à des cellules libériennes, affectant une direction longitudinale assez régulière et qui peuvent être comparées aux cellules épidermiques des *Torreya*. Dans les *Zamia* toutefois, elles ont un caractère prosenchymatique moins prononcé et sont tronquées obliquement aux extrémités. — Si donc, aussi sous ce rapport, il y a conformité entre les genres américains, il leur reste pourtant, comparés entre eux, des différences suffisantes. Chez les *Zamia* et les *Ceratozamia* les cellules de l'épiderme prennent, aux points où se trouvent les stomates, une forme un peu différente, plus isodiamétrique; chez le *Dioon* la couche corticale de la feuille (hypoderme) manque là ou se montrent les stomates. Cette couche du parenchyme foliaire, qui chez d'autres plantes se compose de cellules parenchymatiques prismatiques, situées perpendiculairement à la surface de la feuille, est formée chez les Cycadées et les Conifères de cellules analogues aux cellules libériennes. Elle diffère suivant les genres et, pour le genre *Zamia*, suivant les groupes dans lesquels les espèces peuvent être distribuées. Dans les *Ceratozamia* ce tissu est peu développé, visible seulement aux bords et à la base des folioles; dans le *Dioon* il forme une couche continue à la face supérieure des folioles, et ne se montre à la face inférieure que vis-à-vis des nervures; dans les *Encephalartos* il est continu et fortement développé à l'une et à l'autre page des folioles. Chez plusieurs espèces de *Zamia*, telles que *Z. Fischeri*, *Kickxii*, *Ottonis* et *pygmaea* on le voit tout aussi peu développé que chez les *Ceratozamia*, tandis qu'il forme au contraire une couche simple continue à la face foliaire supérieure des *Z. muricata*, *Loddigesii*, *integrifolia*, *media*, *debilis* et *pumila*. Les autres espèces n'ont pas encore été étudiées sous ce rapport [1]).

Le caractère particulier des racines secondaires étendues à la surface du sol se retrouve dans tous les genres américains, surtout dans les *Ceratozamia*.

[1]) Le *Cycas revoluta* diffère de la même manière des autres espèces, voisines du *C. circinalis;* chez celles-ci on n'observe ce tissu qu'à la base, aux bords et le long de la nervure médiane; chez le *C. revoluta* au contraire, on trouve, comme dans le *Dioon*, une couche continue sous la face supérieure.

Dans la détermination des espèces il y a à tenir compte de la diversité de forme des feuilles suivant l'âge, caractère propre à toutes les Cycadées et qui s'observe à un degré prononcé chez les espèces américaines, et surtout chez les *Ceratozamia*. Ce n'est que par l'observation longtemps prolongée de pieds vivants, qu'on acquiert une idée exacte de ce changement continuel du nombre et de la forme des folioles. Le développement des organes de la fructification commence, surtout dans le genre *Zamia*, à un âge peu avancé, parfois au bout d'un petit nombre d'années, et je regarde comme très probable que les cônes varient aussi, quant à leurs dimensions et au nombre des parties constitutives, suivant qu'ils prennent naissance sur de jeunes ou sur de vieux individus. La forme des androphylles et des carpophylles est, au contraire, constante. — On remarque aussi des différences individuelles plus ou moins persistantes. Les exemplaires de la même espèce et du même âge offrent toujours encore quelques caractères particuliers.

La liste qui suit se rattache complétement aux données de mon *Prodromus*. Pour abréger, les citations rapportées dans cet ouvrage sont omises dans le travail actuel: je n'y consigne que les observations nouvelles, ainsi qu'une espèce publiée postérieurement et les changements trouvés nécessaires dans la détermination des espèces.

ZAMIA LINN. (*excl. excl.*).

§ 1. Petiolus aculeatus. Foliola majuscula.

* *Foliola glabra.*

1. Z. SKINNERI WARCZEW. — MIQ. *Prodr. Syst. Cyc.* p. 12 et 23.

Descriptionibus auctorum haec addam: variat foliolis angustioribus et latioribus. In specimine e *Chagres Americae centralis* advecto a cl. YATES misso petiolus validus viridi-olivaceus aculeatus; foliola utrinque 8 obverse lato-lanceolata, firmiter coriacea, saturate viridia, lucida, supra sulcata, subtus nervis prominentibus simplicibus et bifidis striata, superiora paullo longiora 1 pedem longa, 2—2½ poll. lata, acuminata, spinoso-denticulata. Coni utriusque sexus iis Z. integrifoliae magnitudine et forma similes, indumento castaneo-rubiginoso statim dignoscendi, conique maris peltae altius

prismatico-productae 6-gonae vertice truncatae observantur, ejusque pedunculus in universum brevior videtur. Conus fem. $3\frac{1}{2}$ poll. longus cylindricus apice conico sterili terminatus, $1\frac{1}{2}$ poll. basi crassus; masculus multo tenuior cylindricus acutus, 2—$3\frac{1}{3}$ poll. longus, basi 6 lin. diam., androphyllis rectiseriatis, numero majore quam carpophylla, more generis.

Nascitur in *Isthmo Panama* ad Veraguas, in promontorio Corrientes *Isthmi Darien. E Chagres* allatam communicavit cl. YATES. Pulcherrima species, in hortis botanicis hactenus rarior. Caeterum conf. J. YATES in SEEMANN *Botany of the Herald*, p. 202.

2. Z. MURICATA WILLD. — MIQ. *Prodr. l. c.*, et forma *picta* MIQ. *l. c.* (*Z. picta hort.*).

Plantae junioris foliola plerumque latiora, adultae foliola 8 poll. long., 1 lata, iis speciei sequentis similiora, nunc per $\frac{1}{3}$ long. nunc $\frac{2}{3}$ ab apice inde serrulata. Haud raro ex eodem trunco folia et lati- et angusti-foliolata prodiere observavi. *Forma picta* quae robustior et foliolis latis variegatis iustructa haud constans varietas est; ex eadem planta mox folia viridia, mox variegata efformantur. — Conum fem. misit cl. YATES, qui breviter pedunculatus illi sequentis persimilis, cylindricus sed apice sterili breviore terminatus, haud adeo fuscescens, sed griseo-tomentellus. Masc. eodem modo sequentis formam refert, pedunculo suo paullo brevior, 4—$3\frac{1}{2}$—$1\frac{1}{2}$ poll. longus, androphyllorum peltis hexagonis. — Petioli vario gradu, cum vel absque rhachi aculeati; exemplar inerme ex horto Kewensi juvenile vidi, an cum Z. Poeppigiana conferendum?

Crescit in *Columbia*, *Nova Granata* (inter San Barbara et Porto Cabello) et *Venezuela*. — Forma picta primum e *Guatemala* advecta est. — Folia sub vernatione indumento rufo obducta. *Var. pictae* vidi $1\frac{1}{3}$-metralia.

3. Z. LODDIGESII MIQ. — *Prodr. l. c.* — *Z. Leiboldi* MIQ. — *Z. caracasana* et *Z. serrulata* LODDIG *Catal.* — *Eriozamia mexicana hortor. belg.* — *Zamia mexicana* MIQ. *Prodr.* p. 13 et 25 (speci-

men juvenile). — *Z. parasitica horti* YATESII (vix ejusdem Z. pseudoparasitica, cf. infr.). — *Z. eriolepis horti* BOOTH (haud Macrozamia Peroffskyana, quae hoc nomine etiam in hortis). — *Z. cylindrica hort.* YATES et BOOTH (ob coni masc. figuram ita dicta). — *Z. concinna hort.* (sp. juvenile).

Aetatis variis periodis formam valde diversam foliola obferunt, a forma lanceolata stricta pedetentim in elongato-lato-linearem transeunt, haud per ½ long. sed versus apicem tantum serrulata et flaccidiora quam superioris. Ludit etiam petiolis nunc parum (in valde juvenilibus vix) demum dense aculeatis. Siccata olivaceo-viridia amoene lucida. Conus fem. breviter pedunculatus crasso-cylindricus apice conico-acutus, (juvenilis ellipsoïdeus), 3 poll. longus, 1½ crassus, peltis hexagonis vertice cum pedunculo tomentellis rectiseriatis. Conus mas longe pedunculatus, pedunculi longitudine, 2¾—1½ poll. longus, 6—4 lin. crassus, in siccis isabellinus.

Species recentioribus temporibus frequenter introducta, ex *Imperio Mexicano* et ut videtur e *Caracas*. — „E Conchiuta" *Mexici* in hortos belgicos advecta.

** *Foliola lata subtus furfuracea.*

4. Z. FURFURACEA AIT. — MIQ. *Prodr. l. c.* p. 12 et 24. — *Z. vestita Catal.* V. HOUTTE. — Huius exemplar juvenile est forsan *Z. latifolia* LODDIG. MIQ. *l. c.* p. 12 et 24, quam e specimine manco tantum cognovi.

Conus masc. pedunculo tomentello suffultus cylindricus subacutus, 3½ poll. longus, basi 5 lin. crassus, androphyllis subrectiseriatis, peltis extus griseo-fusco-pubescentibus interjectis hic illic pilis raris longioribus, vertice plano semiorbicularibus, margine superiore recto, inferiore convexo, a ventre visis planiusculis subcordato-rotundatis et utrinque locelliferis, in stipitem brevem basi constrictis.

Habitat *Mexicum*, in regione circa Vera Cruz.

*** *Foliola multijuga angusta subintegerrima.*

5. Z. LINDLEYI WARCZ. — MIQ. *l. c.* p. 13 et 24. — *Z. Lindleyana* ap. WENDLAND *Ind. Palm.* p. 53. — *Z. Chigua* SEEMANN *Botany of the Herald*, II. p. 201, *tab.* 43.

Nascitur in insulis ad ostia fluvii San Juan *promontorii Darien;* ad Veraguas *occid. Isthmi Panama.*

§ 2. Petiolus inermis.

* *Foliola lata vel latiscula.*

a. vulgo obversa obtusa apice irregulariter serrulata subcoriacea.

6. Z. INTEGRIFOLIA AIT. — MIQ. *l. c.* p. 13 et 25. GRISEB. *Cat. Plant. Cubens.* p. 217.

In specimine provectiore ex horto Kewensi nomine *Z. furfuraceae* misso petioli tactu asperuli obtuso-trigoni obiter bisulcati. Conus masc. pedunculo basi squamis lanceolatis munito villoso suffultus, 3½ poll. longus, cylindrico-conicus, a basi versus apicem regulariter attenuatus, basi fere pollicem crassus, androphyllis haud exacte rectiseriatis, peltis exsiccatorum nigrescentibus versus margines minute puberis, vertice transverse semiorbicularibus, margine superiore recto, aliis ad formam tetragonam magis minusve transeuntibus, 1½—2 lin. latis; locelli utrinque infra peltam lateraliter inserti.

Crescit in insulis *St Domingo*, *Jamaica* (ubi in distr. West Moreland legit PURDIE) et in *Cuba.* — In hortis nostris frequens.

7. Z. DEBILIS WILLD. — MIQ. *Prodr. l. c.* — *Z. integrifolia* RICH. *de Conif. et Cycad.* p. 27, *tab.* 27? — *Z. pumila* POIR. *Encyclop. non* LINN.

Nascitur in *India occidentali.*

Formam probabiliter juvenilem foliolis solito paullo latioribus ex Horto Kewensi habeo, in ins. *St. Domingo* a SCHOMBURGH lectam, aliamque non absimilem e *Cuba.*

8. Z. MEDIA WILLD. — MIQ. *Prodr. l. c.* — GRISEB. *l. c.* Nascitur in *Cuba* et probabiliter in vicinis insulis.

9. Z. PUMILA LINN. — MIQ. *Prodr. l. c.* — *Z. media* (*non* WILLD.) *Botan. Magaz. tab.* 1838 et 2006. — *Z. integrifolia* PURSH *Flor. Americ. Sept.* II, p. 48. — *Encephalartos pumilus* STEUD. *Nomencl.*

Crescit in *Florida*, v. c. ad maris sinum prope Jampa, in *Ca-*

rolina. — Statio in India occid. incerta, ex synonymis dubiis indicata.

b. obtusa, acuta vel acuminata, distinctius serrulata.

10. Z. POEPPIGIANA MART. et EICHL. *in* MART. *Flora Brasil. l. c.* p. 415, *tab.* CIX. — *Z. parasitica* POEPPIG. *mss., non alior.*

Nascitur in *Peruvia orientali*, locis petrosis parum umbrosis provinciae Maynas ad ripas fluvii Tacache. — Haud absimilis *Z. muricatae*, sed maior, petiolis inermibus foliolisque usque ad basin serrulatis discernenda.

11. Z. FISCHERI MIQ. — *Prodr. l. c.* p. 14 et 26.

Folia in herbario KEGELII observavi speciei variabilitatem abunde demonstrantia. Plantae juvenilis foliola lanceolato-linearia 2 poll. long., 2 lin. lata, ab apice inde in margine superiore ad $\frac{1}{2}$, in inf. ad basin fere usque serrulata. Paullo provectioris plantae folia longe petiolata, foliolis utrinque 16 lanceolatis acuminatis. Truncus basi gemmas profert. — Conus masc. cum pedunculo 3 lin. longo griseo-fusculo-pubescens, cylindricus abrupte acutus, 2 poll. longus, $3\frac{1}{2}$ lin. basi crassus, androphyllorum peltis $1\frac{1}{3}$ lin. latis transverse sexangulatis; deorsum cuneata sunt. — Ex horto Kewensi exemplaria habeo foliolis utrinque 13—14 lanceolatis, 3 poll. longis, $\frac{1}{2}$ latis.

Patria nondum rite cognita videtur. KARWINSKY in Hortum Petropolitanum introduxit, an itaque e *Mexico* vel ex *India occidentali?*

12. Z. KICKXII MIQ. — *Prodr. l. c.* — GRISEB. *l. c.*

Folia vidi usque $8\frac{1}{2}$ poll. longa, foliolis utrinque 10—12, oblongis obtusulis vel acutis, superne praesertim in margine inferiore serrulatis, quibusdam lobulatis, $2\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{3}$ poll. longis, $\frac{1}{2}$ paullo latioribus. — Foliolis numerosioribus brevioribus non acuminatis a praecedente discernenda, caeterum illi et sequenti affinis.

Ex insula *Cuba* in hortum botanicum Gandavensem advecta.

13. Z. OTTONIS MIQ. — *Prodr. l. c.*

Forma foliolis magis rotundatis est *Z. rotundifolia hortor.* Vidi folia $1\frac{1}{2}$ ped. longa, foliolis utrinque 8—9, usque 3 poll. longis, nec tamen in formam *Z. Fischeri* transeuntibus.

Habitat in insula *Cuba*, in sylvis prope Cafetal Fundador.

14. Z. PYGMAEA SIMS. — MIQ. *Prodr.* p. 14 et 26. GRISEB. *l. c.*
Habitat in insula *Cuba* et probabiliter in insulis vicinis.

** *Foliola multi-vel plurijuga, lanceolata vel fere linearia.*

a. integerrima.

15. Z. CALOCOMA MIQ. — *Prodr.* p. 14 et 26. GRISEB. *l. c.*
Folia absque petiolo usque tripedalia, foliolis mediis usque 10 poll. longis patentissimis lato-linearibus plerumque leviter falcatis.

Habitat in *Cuba*, unde in hortos belgicos et a domino CHAPPY in h. Petropolitanum introducta. — E *Pine-island*, Cubae insulae proxima, habuit cl. YATES.

16. Z. PSEUDOPARASITICA YATES. — MIQ. *l. c.*
Species hactenus obscura de qua cl. auctoris observationes in SEEMANN *Botany of the Herald*, II, p. 202 et 253 legendae; cum eiusdem *Z. parasitica*, quae certe ad *Z. Loddigesii* ducenda, nequaquam confundi potest, quum foliola prorsus integerrima habeat, eodemque charactere etiam a *Z. Brongniartii* diversa.

Habitat *Andium* declivia orientalia; an et in *Panama* proveniat dubium.

b. distanter serrulata.

17. Z. BRONGNIARTII WEDDELL. — MIQ. *l. c.* — EICHLER in MARTII *Flora Brasil. Cycad. et Conif.* p. 413—414, *tab.* CVIII. — *Ceratozamia? boliviana* AD. BRONGN. *Ann. Sc. nat.* 3me *sér.* V p. 9, non MIQ. in *Wis- en Nat. Tijdschr.* I. p. 45 (quae juvenilis Ceratozamia mexicana).

Nascitur et in *Brasilia* (prov. Matto Grosso) et in *Bolivia* (prov. Chiquitos prope San Xavier).

18. Z. TENUIS WILLD. — MIQ. *Prodr. l. c.*

Crescit in insulis *Bahama.*

*** *Foliola anguste vel angustissime linearia, apice pauciserrulata vel integerrima, vulgo haud numerosa.* — Species omnibus partibus parvae.

19. Z. ANGUSTIFOLIA JACQ. — MIQ. *Prodr.* p. 14 et 26.
Crescit in insulis *Bahama.*

20. Z. YATESII MIQ. — *Prodr.* p. 14 et 27. *Z. Verbruggheana hort. belg.* — *Z. cylindrica hort. Amstelod. olim.*
India occidentalis, sed ex quanam insula advecta sit, haud compertum habeo.

21. Z. STRICTA MIQ. — *Prodr. l. c.* GRISEB. *l. c.* — *Z. angustifolia* MIQ. in *Wis- en Nat. Tijdschr.* I. p. 204 *excl. syn.* — *Z. Yatesii hort.* VAN HOUTT. *excl. synon.*
Crescit in *Cuba*, probabiliter et in insulis finitimis.

22. Z. ANGUSTISSIMA MIQ. — *Prodr. l. c.* — *Z. linearifolia* et *linifolia hort.* — An huc *Z. angustifolia* GRISEB. *l. c. excl. syn. Jacq.?*
Crescit in *Cuba.*

Species dubia:

Zamia montana LINDEN *Cat.* mihi incognita, probabiliter inter synonyma recipienda.

CERATOZAMIA AD. BRONGN.

1. C. KÜSTERIANA REGEL. — MIQ. *Prodr.* p. 11 et 23.
Species perquam distincta, petiolis inermibus et foliolis angustis a congeneribus recedens. Petiolus cum rhachi olivaceo-fuscescens, obtuso-semicylindricus, antice ima basi convexus, rhachis utrinque convexa sed dorso convexior et crassior; foliola utrinque 44, pleraque subaequilonga, infima reliquis paullo breviora, suprema abbreviata, majora 10—11 poll. longa, supra basin paullo constrictam ½ poll. lata, sursum regulariter angustata, saepe leviter deorsum falcata, subtus pallidiora, nervis 10—12-striulata.

Crescit in *Mexico*, a KARWINSKY in hortum Petropolitanum introducta.

2. C. MEXICANA AD. BRONGN. — MIQ. *Prodr. l. c.* —. *C. longifolia, robusta, latifolia, brevifrons, intermedia* MIQ. *l. c. potius formae sunt quam species.*

Iunior profert folia brevia foliolis paucis latis, increscente aetate longiora pluri-et mulijugata, foliolis elongatis angustioribus, habitumque tali modo continuo variantem prae se fert. Coni specimipum adultiorum maiores esse solent quam juniorum, alioquin eandem omnino fabricam monstrantes. Hinc species antea constitutas nimis dubias esse censeo et in patria tantum comparatis plantis adultis de earum valore certiora cognosci posse puto. — In horto nostro exemplar adultum, quod *C. longifoliam* exhibet, conum masculum pedem longum protulit; aliarum alioquin parum diversarum conos plus duplo minores vidi. — *Zamia mexicana hort., Z. atropurpurea* PARM., *Z. macrophylla* PARM. huc referendae, nec non *Eriozamia latifolia hort. belg.*

Habitat in Mexici regionibus calidioribus.

3. C. MIQUELIANA H. WENDL. — MIQ. *l. c.*

Species valde distincta foliolis latis abrupte acuminatis, nervis pellucidis. Petiolus olivaceo-viridulus, basi parce aculeolatus, pedalis; folium 16 poll. longum, rhachi obtuse trigona antice bisulcata; foliola utrinque 8, inf. alterna, media subopposita, 2 suprema exacte opposita, subcuneato-oblonga subaequilatera, passim subdimidiata, abrupte acuminata, 7 poll. long., 10—12 lin. lata, nervis circiter 40 indivisis vel paucis furcatis.

Crescit in *Mexico.*

Species nomine tantum cognita, probabiliter inter synonyma collocanda: *C. Ghiesbreghtii* LINDEN *Catal.*

DIOON LINDL.

1. D. EDULE LINDL. — MIQ. *Prodr.* p. 10 et 22.

Ludit foliolis densis (var *imbricata* MIQ. *l. c.*) et angustioribus distantioribus (*v. angustifolia*). — *D. acŭleatum* hort. est forma juvenilis.

Crescit in *Mexici* regionibus calidis.

NOTICE

SUR LE

FILAROÏDES MUSTELARUM v. BENEDEN.

PAR

H. WEIJENBERGH Jr.

En m'occupant de l'étude anatomique d'une *Mustela erminea* Lin., qui avait été prise l'un des derniers jours de l'année passée, j'aperçus sur l'os frontal dénudé de cet animal une tache livide et molle. Après avoir enlevé le périoste, je trouvai qu'il y avait un trou dans l'os frontal, une ouverture communiquant avec le sinus frontal. Pendant la vie de l'animal cette ouverture n'avait été couverte que par le périoste et par la peau.

En éloignant encore une partie du périoste aux environs de l'ouverture dont je viens de parler, je vis au-dessus des deux orbites deux ouvertures semblables. Le trou au-dessus de l'orbite gauche perforait l'os frontal, et s'ouvrait par conséquent au dedans de l'orbite. Une pareille disposition se voyait de même au trou anormal du côté droit de l'os frontal, seulement cette ouverture était divisée en deux parties par un pont osseux à la place du limbe orbitaire. Il paraît que cette bride ou ce pont osseux avait pu résister à la dévastation qui avait détruit les parties voisines de l'os frontal.

L'ouverture qui se trouvait presque au milieu de l'os frontal (voy. fig. 1, pl. XVI) avait une forme à peu près circulaire; son diamètre était de 0,003 à 0,0035 m., tandis que les deux ouvertures latérales étaient un peu plus grandes. Il n'y avait point de commu-

nication entre les cavités latérales et celle du milieu de l'os. Ces trois cavités étaient remplies d'une matière qui avait tout à fait l'aspect d'une petite pelote de fil de coton, d'un rouge veineux, dont les fils isolés avaient une épaisseur qui ne dépassait pas le quart d'un millimètre.

En examinant superficiellement ces fils rouges, on aurait été porté à croire que c'étaient des petites veines remplies de sang. A l'aide d'une aiguille je réussis à tirer ces fils des cavités et à les débrouiller dans l'eau. De cette manière j'eus la satisfaction de les séparer parfaitement les uns des autres, opération assez difficile d'après M. van Beneden.

Par un examen moins superficiel j'acquis bientôt la certitude que ces fils rouges n'étaient nullement des veines, mais que c'étaient des entozoaires de la division des *Nematodes*. D'après M. van Beneden ces animaux sont de l'espèce nommée *Filaroïdes mustelarum*.

Passons à la description de ces *entozoaires*.

Le nombre de ces animaux que j'ai pu tirer des cavités en question était d'environ quinze. Quelques-uns se courbaient et s'entortillaient encore quand je les portai dans l'eau. Les plus grands avaient une longueur de 0,025, et les plus petits de 0,006. La figure 2 nous fait voir un des plus grands individus, représenté de grandeur naturelle. Comme je viens de le dire, la couleur était d'un rouge clair. Vu par le microscope, l'animal se présente comme un corps long et articulé; la fig. 3 nous donne une idée de la forme extérieure du corps. A la partie antérieure de l'animal les articulations sont plus effacées, tandis qu'elles sont très distinctes, quoique moins larges, à la partie postérieure. Au bout anal les articulations se perdent presque entièrement, de manière qu'on ne saurait les observer qu'avec beaucoup de peine.

Outre les articulations transversales, le corps de l'animal dont nous nous occupons semble être divisé en trois lobes, qui s'étendent le long du corps et ne sont visibles que sur des exemplaires bien frais. En mettant sous le microscope un lambeau de peau du *Filaroïdes mustelarum*, ces lobes longitudinaux s'observent,

quoique non facilement. En confrontant ma fig. 3 avec la figure du *Strongylus armatus* Rud., donnée par M. Bremser dans son ouvrage intitulé *Icones Helminthum*, il paraît qu'il y a une ressemblance assez grande entre ces deux vers. La figure 4 nous représente la partie antérieure du corps, grossie.

La bouche est à peu près circulaire (*o*), et ornée de deux appendices triangulaires (*n n*). Une espèce de rétrécissement ou une ligne circulaire *l l* sépare la partie buccale du reste du corps. J'ai indiqué l'œsophage ou la première partie du canal intestinal par *s s*. Au milieu de ce canal on voit une ligne longitudinale (*h*), probablement un faisceau musculaire dans les parois du canal. Cette ligne devient de plus en plus fine et se perd enfin dans les parois. Ces parois sont finement rayées, comme si elles étaient ridées transversalement. Il me semble que j'ai pu apercevoir en outre des raies longitudinales sur la surface intérieure du canal intestinal. Ces raies s'entrecroisaient.

Aux deux côtés du canal intestinal on voit une ligne double, comme s'il existait ici un petit canal (*p p*). Ce canal se prolonge bien loin dans le corps et disparaît enfin dans les parois de l'intestin. On voit que cette ligne double finit, ou commence, à côté de la tête en *i i*. Je viens de parler de canal, parce que, en effet, nous voyons sous le microscope une ligne double, comme si l'on observait une section longitudinale d'un tube. Toutefois il se peut que cette ligne ait quelque autre signification. La double ligne *q q* nous représente l'épaisseur de la peau.

Dans le *Journal de Physique etc.* T. LV, p. 458, on trouve un mémoire de M. Collet Meygret, dans lequel ce savant a donné une figure de la tête d'un autre strongyloïde, le *Dioctophyme*. En comparant cette figure avec ma figure 4, on voit que la ressemblance est assez grande, quoique je n'aie pu trouver dans mon échantillon les papilles autour de la bouche, qu'on voit à l'exemplaire de M. Collet Meygret, et quoiqu'il y ait une différence dans la forme des appendices triangulaires.

La partie postérieure ou anale de l'animal se termine en pointe. J'ai déjà dit que les articulations s'effacent presque entièrement dans cette

partie du corps et paraissent irrégulières. La figure 5 nous montre la partie postérieure de la femelle, très grossie. Dans la pointe *l* on voit une ouverture, qui doit être l'orifice anal, le canal intestinal se terminant à ce point. Les oviductes n'aboutissent pas dans cette ouverture. Probablement on ne doit pas chercher la terminaison des oviductes de cet animal aux environs de l'anus; M. van Beneden dit, en parlant de l'appareil femelle de ces animaux: „Cet appareil s'ouvre en avant non loin de l'orifice de la bouche. On voit en effet à côté de l'œsophage le tube unique ou le vagin, auquel vont aboutir les deux oviductes."

Cependant je n'ai pu voir cette structure, je n'ai pu acquérir la certitude que les oviductes s'étendent jusqu'à la bouche, mais j'ai très bien vu les ovaires, remplis d'œufs, qui se trouvent à la partie postérieure du corps, enveloppant l'intestin de l'animal (*m*, fig. 5).

Ces corps longs entourent le canal intestinal sur une étendue assez considérable, en formant des lignes sinueuses qui n'ont rien de bien régulier, dans les plis et les anses qu'elles présentent, chez les divers individus que j'ai examinés. On voit le canal intestinal en rapport avec les ovaires dans la fig. 6. Seulement dans les femelles j'ai observé un ventricule, ou une partie élargie du canal intestinal (fig. 9). A la partie antérieure les deux ovaires se dirigent le long des deux côtés du canal cibaire sans former de courbures; arrivés à la moitié environ du corps, ils s'entortillent et forment les corps sinueux dont nous venons de parler.

Afin qu'on puisse se faire plus facilement une idée de la situation des ovaires et du canal intestinal j'en ai donné une figure schématique (fig. 10). Dans cette figure, *a* représente l'ovaire formant des anses, des plis et des boucles autour du canal intestinal (*b*) et retournant par une anse en soi-même, aussi bien à la partie postérieure qu'à la partie antérieure de l'animal. Sur la plupart de mes exemplaires j'ai pu découvrir cette structure, mais je n'ai vu nulle part une perforation distincte de la peau. Dans un échantillon j'ai cru voir une telle ouverture à trois quarts de la tête (fig. 10, *m*), mais je n'ose pas l'affirmer positivement.

Dans les ovaires on voit non-seulement une multitude d'œufs, qui sont aisément reconnaissables à leur contenu grenu, mais aussi quelques fœtus sortis de l'œuf et roulés en spirale (voyez fig. 6, *q*). Le développement de quelques-uns de ces fœtus a déjà fait tant de progrès qu'il n'est pas difficile de reconnaître la forme de la tête de l'individu. Les œufs ont un diamètre de 0,0335 mm.

Dans le *Filaroïdes mustelarum* les sexes sont séparés. En général les mâles sont plus petits que les femelles. (Voyez fig. 2 la femelle et fig. 8 le mâle, de grandeur naturelle.) On trouve plus de femelles que de mâles.

La figure 7 représente la partie postérieure d'un mâle, grossie. Dans cette figure *r* est le commencement du pénis. Ce pénis est attaché par deux bandes, qui se perdent dans les parois du canal intestinal, et placé au-dessous de la partie postérieure de ce canal. Les parties que je nomme des bandes peuvent être aussi les vaisseaux séminifères, mais je n'ai pu découvrir des organes analogues aux testicules. *z z* sont les franges qui semblent orner le pénis; *a a a* représentent les appendices anaux; *h* est le rectum. Ces appendices anaux ne pouvaient être observés facilement que quand les vers avaient été placés quelque temps dans de la glycérine. Il se peut que ces appendices ne se présentent qu'à une certaine époque de l'année ou de la vie de l'animal.

Il me paraît certain que le pénis est double, et en ce point je dois différer du savant helminthologiste M. van Beneden, qui représente sur la planche XVI de son ouvrage couronné, intitulé *Mémoire sur les vers intestinaux*, Paris, 1858 (Voyez p. 267), un pénis simple. Ce savant n'a pu étudier qu'un seul individu mâle, et dit qu'il n'a pu s'assurer de la structure de l'organe en question, tandis que moi j'ai eu à ma disposition six individus.

En examinant mes échantillons je fus frappé d'une circonstance remarquable. Les femelles étant mortes depuis vingt-quatre heures, les fœtus vivaient encore et se mouvaient assez vivement dans les ovaires. Ils se roulaient en spirale et se déroulaient avec une telle énergie que les œufs environnants étaient déplacés.

Avant de terminer cette notice je dois fixer encore l'attention du lecteur sur une circonstance remarquable. La voici : Quoique le ver intestinal dont nous venons de traiter soit assez commun dans les espèces du genre *Mustela* (putois, belettes, hermines, fouines, martres, etc.), quoiqu'il ait été trouvé et étudié par des savants tels que Rudolphi, Rosa, Redi, Werner, van Beneden et plusieurs autres, il n'avait été observé jusqu'à présent que dans les bronches, les poumons et sous la peau des animaux nommés, et personne ne l'avait encore rencontré dans le sinus frontal. Dans une lettre que j'ai eu l'honneur de recevoir de M. le prof. van Beneden, de Louvain, ce savant distingué m'écrit „c'est un fait nouveau et en tout cas fort intéressant, que ce ver est remonté des bronches et parvenu dans le sinus frontal où il a perforé les parois jusqu'à la peau."

Ce sont surtout ces paroles du célèbre helminthologiste qui m'ont donné le courage de publier cette notice.

Encore une seule observation. Peu de temps après mes recherches sur le *Filaroïdes mustelarum*, un de mes amis trouva dans l'os frontal d'une hermine non adulte, une cavité semblable, remplie des mêmes vers intestinaux; le nombre des vers s'élevait à treize. Dans une troisième hermine je n'ai pas rencontré ces vers. Dans l'individu que mon ami a examiné, il n'y avait qu'un seul trou au-dessus de l'orbite gauche, communiquant avec le sinus frontal. On pourrait demander comment l'os frontal de l'hermine est devenu perforé. Il me semble qu'il ne faut pas croire que cette partie de l'os ait été détruite par *carie* ou par *nécrose*: car une telle maladie, se montrant à un endroit si voisin de l'encéphale, aurait vraisemblablement causé la mort de l'animal. Je pense plutôt que les mouvements des vers ont usé une petite partie de l'os, et formé une excavation au-dessous du périoste.

Explication des figures de la planche XVI.

Fig. 1. Le crâne d'une hermine vu de dessus.

a. le trou au milieu de l'os frontal.

bb. les trous aux parties latérales de cet os.

Fig. 2. *Filaroïdes mustelarum*, femelle de grandeur naturelle.

Fig. 3. Une partie du corps du *Filaroïdes mustelarum*, grossie, pour montrer les articulations et les lobes longitudinaux.

Fig. 4. La partie antérieure du ver, grossie.

o. la bouche.

nn. les appendices triangulaires.

ll. la ligne circulaire.

ss. l'œsophage.

h. faisceau musculaire.

pp. un canal ou un faisceau musculaire.

ii. orifice de ce canal *p.*

qq. la peau.

Fig. 5. La partie postérieure d'une femelle, grossie.

f. l'anus.

m. point où l'ovaire retourne en lui-même.

Fig. 6. Les ovaires et le canal intestinal, grossis.

g. fœtus roulés en spirale.

Fig. 7. La partie postérieure d'un mâle, grossie.

r. le commencement du pénis avec les bandes *ii.*

zz. les franges du pénis.

aaa. les appendices anaux.

h. le rectum.

Fig. 8. *Filaroïdes mustelarum*, mâle de grandeur naturelle.

Fig. 9. Ventricule d'une femelle.

Fig. 10. Figure schématique de la situation de l'ovaire et du canal intestinal.

a. l'ovaire.

b. le canal intestinal.

n. ouverture de l'ovaire (?)

NOTICE

SUR

DEUX ESPÈCES NOUVELLES D'ÉPONGES

DE LA

FAMILLE DES *Lophospongiae*

PAR

J. A. HERKLOTS et W. MARSHALL.

Ce n'est que dans les derniers temps que les Éponges en général, et surtout le genre *Hyalonema*, ont été étudiées et observées de manière à les dédommager de l'oubli dans lequel elles étaient rejetées auparavant. Les Hyalonema se sont vu faire une littérature spéciale passablement développée, car en moins de vingt ans le nombre des notices et mémoires, dont ils font le sujet, s'est accru de 6 à 37, dont 17 datent depuis 1864.

Pendant longtemps ce fut l'*Hyalonema Sieboldi* qui seul dut faire les frais de cette étude acharnée. Il n'y a que 4 ans que l'*Hyal. lusitanica* a été décrit par M. Barbosa du Bocage, et au commencement de l'année courante M. Lovèn a fait connaître son *Hyal. boreale* [1]).

Depuis trois ans le musée de Leyde possède une éponge prise par M. Ludeking près de l'île de *Céram*, à une très grande pro-

[1]) L'*Hyal. Sieboldi* étant pris pour type du genre, nous ne croyons pas devoir y admettre l'espèce de M. Lovèn; pour ce qui regarde *l'Hyal. lusitanica* nous hésitons à nous prononcer, n'ayant pas encore pris connaissance de la dernière publication de M. Barbosa du Bocage.

fondeur. Reconnue, tout d'abord, de la plus haute importance pour la connaissance du groupe auquel elle appartient, son étude et sa publication ont été retardées par l'état de santé de l'un de nous. Dans les derniers mois cependant, nous avions entrepris l'étude des *Lophospongiae* de notre musée, l'examen comparatif des *Hyalonema* examinés par M. Schultze et de notre nouvelle éponge, et celui de nos *Euplectella*, quand la notice de M. Semper sur l'*Hyal. Schultzei* parut.

Les indications provisoires de M. Semper nous faisaient croire d'un côté qu'il avait décrit notre espèce, mais de l'autre elles nous faisaient douter. L'auteur lui-même, visitant ces jours-ci notre musée, n'osait affirmer l'identité spécifique, ni se prononcer pour le contraire.

Dans cette incertitude, nous nous hâtons d'indiquer sommairement les résultats des études que nous avons faites jusqu'ici. La description de notre spécimen montrera les affinités et les différences avec l'*Hyal. Schultzei.*

L'éponge qui nous occupe est de forme régulière, allongée en prisme pentagonal à arêtes obtuses, plus grosse vers le bout libre, attachée au sol par des fils siliceux diffus et formant racine en s'entreposant entre les cailloux et les détritus, qui couvraient les lieux où elle était attachée. Ces fils ou filaments siliceux se rassemblent en un grand nombre de faisceaux, qui se réunissent souvent entre eux par anastomose, et se continuent par tout le corps de l'éponge, mais à l'intérieur seulement, constituant ainsi la charpente solide des tissus fibreux.

Ceux-ci sont de structure différente. A l'intérieur un tissu de fortes fibres se pose entre les faisceaux longitudinaux indiqués, les liant entre eux et formant les parois de larges canaux.

A l'extérieur on distingue, vers le bout libre, un tissu de texture serrée, comme du papier, perforé irrégulièrement de lacunes grandes comme une grosse tête d'épingle. Ces lacunes donnent entrée dans des canaux larges, qui servent à la sortie de l'eau, et plusieurs d'elles conduisent dans un même canal. Sur le corps de l'éponge se trouve un réseau régulier, à mailles carrées, formé de spicules

cruciformes à quatre bras, sur lesquelles se posent des spicules verticillées et en forme de moulinet (*Quirl*, en allem.). Dans ce réseau fin on distingue des plaques d'un tissu plus grossier. Elles sont de forme ovale et se trouvent disposées sur des rangées verticales, très régulières et serrées sur les arêtes du prisme, plus distantes et un peu moins régulières sur les faces latérales. Une bordure de spicules très serrées entoure ces plaques, et toutes les ouvertures d'une même plaque conduisent dans un même canal servant à l'entrée de l'eau.

Dans cette esquisse de notre éponge nous avons fait ressortir la différence qui existe entre sa structure et celle des *Hyalonema*, à l'axe simple et ne se divisant pas dans le corps de l'éponge, aux canaux d'entrée simplement ouverts dans le tissu cortical, homogène — si ce n'est dans la partie supérieure, dans la plaque en tamis [1]) — et offrant une autre disposition des fibres.

Nous nous croyons donc en droit d'établir pour cet objet un nouveau genre sous le nom d'*Hyalothauma.*

Nous supposons que l'*Hyal. Schultzei* de Semper devra rentrer dans ce genre; cependant la description de M. Semper, que nous reproduisons [2]), indique assez de disparates pour que nous attendions de nouveaux renseignements, avant de nous prononcer à cet égart.

Hyalonema Schultzei a la grandeur et la forme de l'*Euplectella aspergillum.* Les fibres radicales, qui sont unies ou crénelées, *se divisent vers le corps de l'éponge* en faisceaux séparés, qui s'étendent aussi bien à l'intérieur qu'*extérieurement sur l'éponge elle-même*, et remplissent ici dans le squelette de l'éponge un rôle analogue à celui des fibres radicales longues des *Euplectella.* Des spicules cruciformes, de sortes très variées, se lient à ces faisceaux de fibres longitudinales pour former un tissu, soit très serré, soit lâche, que parcourent dans tous les sens les grands canaux de l'éponge. Les ouvertures

[1]) Analogue à celle des *Euplectella,* comme M. Schultze l'indique lui-même (*Die Hyalonemen*, p. 9.), et qui suffisait pour indiquer le bout libre ou supérieur de l'éponge.

[2]) D'après les *Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu* Würzburg, XIII Séance du 18 Juill., 1868.

de sortie, relativement très larges, sont *disposées irrégulièrement* sur le contour de l'éponge, et *dans leur proximité se trouvent souvent des faisceaux de fibres fines presque soyeuses. En plusieurs endroits de la superficie*, quelque peu endommagée, *se trouve un tissu fin* formant des mailles larges, carrées. Le squelette entier est formé, comme dans toutes les espèces vraies d'*Hyalonema*, de fibres ou spicules cruciformes non réunies; parfois cependant *quelques spicules se soudent* et indiquent de l'analogie avec la formation de la charpente siliceuse des *Euplectella.* Les nombreux corps siliceux libres rappellent par leurs formes tout à fait ceux de l'*Hyalonema Sieboldi* du Japon.

Les caractères indiqués par soulignement, et que notre objet ne nous a pas offerts, paraissent nous autoriser à inscrire notre éponge comme nouvelle espèce sous le nom de *Hyalothauma Ludekingi.*

Nous joindrons à cette notice une courte description de l'*Euplectella Oweni*, espèce encore inédite, provenant du Japon.

Euplectella à squelette en forme de sac, plus large sur le tiers inférieur, rétréci vers le bout libre, de structure normale, mais, comparé à l'*Eupl. aspergillum*, à faisceaux longitudinaux plus forts, composés d'un plus grand nombre de filaments siliceux, simples, flexibles et d'aspect soyeux, qui ne sont pas soudés l'un à l'autre; les faisceaux de fils circulaires sont aussi plus larges.

La barbe, formée de filaments déliés rigides et relevés, qui entoure la base de l'*Eupl. aspergillum* fait entièrement défaut, même dans les exemplaires le mieux conservés.

La plaque en tamis qui occupe le bord supérieur est flexible comme le reste, et sans collier. La perruque (*Haarschopf* de Claus) qui couvre la charpente du squelette, n'est pas disposée en crêtes obliques ou spirales distantes; elle couvre plutôt comme un duvet la charpente entière, et est percée par des orifices d'entrée plus petits, entourés d'un bord à tissu plus serré.

C'est surtout la mollesse du squelette, la disposition du duvet et son aspect soyeux qui font reconnaître cette espèce au premier coup d'œil.

Nous espérons traiter à fond l'histoire de ces *Lophospongiae* dans le mémoire qui nous occupe.

SUR LA

RÉFRACTION ET LA DISPERSION

DU

FLINT-GLASS,

DE L'ESSENCE DE CANNELLE ET DE L'ESSENCE D'ANIS,

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

Réfraction et dispersion du prisme Merz nº. II.

1. J'ai déjà étudié, dans un travail antérieur [1]), la réfraction et la dispersion d'un prisme de flint sortant des ateliers de M. Merz. En reprenant les mesures pour un second prisme, tiré de la même masse de verre que le premier, j'ai eu un double but: d'un côté, éprouver s'il me serait possible d'établir, par des mesures de réfraction, que l'influence de la température sur l'indice varie avec la longueur d'onde, comme je l'avais soupçonné dans ma Note précédente; d'un autre côté, obtenir le moyen de porter un jugement sur l'homogénéité relative des différentes parties d'une même masse vitreuse, et celui de contrôler, tout naturellement, le degré d'exactitude de mes propres mesures. Fraunhofer aussi a donné deux séries de résultats [2]) pour des prismes du même flint-glass, dont l'un avait un angle de 45°, l'autre de 60°.

---

[1]) *Archives Néerl.*, T. II, p. 453.

[2]) Schumacher's *Astronomische Abhandlungen*, II, p. 31.

2. Le 12 Juillet 1867, entre 6 et 7 heures de l'après-midi, j'ai déterminé l'angle de mon prisme, à l'aide du fil vertical de la lunette réfléchi sur les faces latérales. Ce jour-là, je m'étais occupé depuis 8^h 30′ du matin jusqu'à 5^h de l'après-midi à des mesures de réfraction; durant tout ce temps, le prisme était resté placé sur le spectromètre et avait participé par conséquent à la température du local où se faisaient les observations; cette température, depuis 8^h 30′ jusqu'à 2^h 30′, s'était élevée d'une manière continue de 18°,3 C. à 26°,5 C., puis, jusqu'à 5^h, elle était redescendue à 25°,7. Entre 6^h et 7^h, c'est-à-dire pendant les mesures de l'angle, elle avait été, en moyenne, de 24°,4 C.

Je trouvai pour l'angle cherché les valeurs suivantes:

	59° 56′ 32,″2
	38, 7
	39, 0
	33, 1
	45, 6
	29, 6
Moyenne..........	59° 56′ 36″,4

Le 11 Août, le prisme s'étant trouvé de nouveau exposé, depuis 7^h 15′ du matin jusqu'à 2^h 40′ de l'après-midi, à une température d'appartement progressivement ascendante, de 16°,8 C. à 25°,7 C, la détermination de l'angle, faite une heure plus tard et par une température moyenne de 25°,5 C, donna:

	59° 56′ 53,″2
	51, 2
	48, 1
	46, 0
	60, 3
	44, 4
Moyenne..........	59° 56′ 50,″5

Ces deux moyennes diffèrent sensiblement l'une de l'autre, moins pourtant que les résultats obtenus, dans ma Note antérieure (*l. c.*), pour le prisme Steinheil n°. II. Le 11 Août, d'après mon registre d'observation, avant de procéder aux mesures, j'avais établi le

parallélisme entre l'arête de l'angle réfringent et l'axe de rotation du cercle divisé. Pour le 12 Juillet, mon registre se tait à ce sujet; mais une inclinaison de l'arête s'élevant même à plusieurs minutes n'aurait pas produit, dans la valeur trouvée pour l'angle, une différence aussi grande que celle qui résulte de l'observation. Rien ne nous indique que ce soit précisément, ou la valeur la plus forte, ou la valeur la plus faible, qui doive être employée de préférence, comme angle réfringent, dans les mesures de réfraction; pour ce motif, j'ai pris simplement la moyenne des deux valeurs trouvées, c'est-à-dire $M = 59° 56' 43'',4$, comme base des calculs servant à déduire de mes observations les indices de réfraction.

Les résultats obtenus, par chaque série à part, dans la mesure d'une quantité aussi invariable que doit l'être l'angle réfringent pour une position fixe du prisme, prouvent à l'évidence que chacune de mes opérations de pointé et de lecture de l'instrument permet une erreur d'environ 7'', ce qui s'explique facilement par l'épaisseur relativement assez grande des fils d'araignée et des traits de la graduation. Cette erreur dépasse notablement les 4'' qui constituent la limite de précision à atteindre dans la lecture, et que, comme telle, on pourrait aussi être porté à regarder comme la limite des erreurs de chaque mesure séparée.

Une erreur de 14'' dans l'angle réfringent donne, en moyenne, une erreur de 7 unités dans la cinquième décimale de l'indice de réfraction.

La construction particulière du spectroscope, qui ne permet la mesure des déflexions que d'un seul côté du zéro de la division, et la hauteur relativement assez grande de mes prismes rendirent souvent mes observations très pénibles. J'étais obligé d'enlever le prisme pour diriger la lunette sur la fente et déterminer par ce moyen l'erreur de collimation, et je devais changer d'oculaire pour placer l'arête du prisme parallèlement à l'axe de rotation, ce qui pouvait m'exposer à altérer de nouveau la position de l'axe de la lunette. Les deux opérations se contrarient donc réciproquement, et elles deviennent inconciliables lorsqu'on désire avoir

une vérification du zéro avant et après chaque série de mesures de déflexion. C'est pour cela que M. Meyerstein recommande de choisir le prisme d'une hauteur telle qu'il ne cache que les trois quarts environ du diamètre de l'objectif, ce qui, en tenant compte de l'élévation de la lunette au dessus de la plate-forme centrale, réduit la hauteur du prisme à environ un pouce de Paris. L'observateur reçoit alors une partie de la lumière du collimateur par-dessus le prisme, et il peut, de cette manière, vérifier à chaque instant le zéro sans avoir besoin de déplacer le prisme. Il faut remarquer toutefois qu'en opérant ainsi on utilise les rayons voisins du bord de l'objectif, que ces rayons ne donneront pas une image très nette de la fente, et qu'en outre cette image sera sensiblement courbée à ses extrémités par l'effet de l'aberration de sphéricité. J'avoue qu'en commandant mes prismes j'avais perdu de vue que leur dimension en hauteur était limitée par la condition posée; d'ailleurs, quand même j'y aurais songé, il n'est pas certain que j'eusse voulu me contenter d'une si faible hauteur, qui serait devenue un inconvénient lorsque j'aurais voulu faire servir à des recherches d'une autre nature la belle collection de prismes bien étudiés que je me forme peu à peu.

J'ai reconnu, il est vrai assez tard, qu'un déplacement de la lunette, tel que celui auquel le changement d'oculaire peut si facilement donner lieu, n'est qu'extrêmement petit; si, en particulier, on fait tourner la lunette sur ses tourillons et qu'on la soulève légèrement, puis qu'on lui laisse reprendre doucement, d'elle-même, sa place, l'erreur du zéro, et par conséquent la direction de l'axe optique, reste invariable entre les limites des erreurs d'observation, pourvu, bien entendu, qu'on ait opéré avec les précautions convenables. Par suite de cette observation je me suis contenté, pour les mesures postérieures, d'une seule vérification du zéro, par exemple au commencement ou à la fin de la série; au lieu de la seconde vérification, à la fin ou au commencement de la série, je rétablissais alors, à l'aide de l'oculaire à miroir, le parallélisme de l'arête du prisme avec l'axe de la division; ou bien, je déterminais la position de l'arête par rapport

à l'axe, soit avant d'enlever le prisme pour la vérification du zéro, soit après son installation définitive sur la plate-forme pour les observations de réfraction. La connaissance, même approximative, des angles α et β que les normales aux faces du prisme font avec le plan du cercle divisé, me suffisait amplement, comme je l'ai montré ailleurs [1]), pour obtenir la valeur corrigée de l'angle réfringent O, c'est-à-dire l'angle P qui résulte de l'intersection de l'angle dièdre du prisme par le plan du limbe divisé.

Comme exemple, j'ai calculé P en faisant $\alpha = 5'$ et $\beta = 5'$, valeurs qui ne sont probablement jamais atteintes par ces erreurs, et en supposant que les angles α et β soient tous deux positifs, ou bien l'un positif et l'autre négatif. Pour α et β chacun $= + 5'$, on trouve $P = 59° \; 59' \; 58'',8$ quand on pose $O = 60°$. Pour $\alpha = + 5'$ et $\beta = - 5'$, il vient $P = 60° \; 0' \; 0'',3$ dans la même hypothèse de $O = 60°$. Ces écarts, on le voit, restent bien en deçà des limites des erreurs de mesure; ils prouvent que j'avais en quelque sorte poussé le scrupule trop loin.

3. Mais quelle peut être la raison de la différence entre les résultats trouvés pour l'angle réfringent à deux époques différentes, et par conséquent, selon toute apparence, dans deux positions du prisme non identiques? Je pense qu'on ne doit pas la chercher ailleurs que dans la forme des faces latérales du prisme, lesquelles s'éloignent toujours plus ou moins de la perfection absolue et affectent une courbure sphérique; lorsque des parties différentes de ces faces latérales servent à la réflexion du réticule, ce qui a indubitablement eu lieu dans ces deux cas, on doit trouver pour l'angle qu'elles forment un résultat différent. Le prisme Merz n°. I de mon Mémoire précédent, que je suis disposé à regarder comme ayant été construit avec le plus de soin, montre le moins d'inégalités de ce genre. En dehors de la cause que je viens d'assigner, je n'en découvre aucune autre qui ait pu exercer de l'influence; tous les détails du procédé de mesure ayant été appliqués exactement de la même manière, dans les deux cas, aux deux

[1]) *Arch. du Musée Teyler*, T. I, p. 203.

faces réfléchissantes, ils n'ont pu influer sur l'angle trouvé, qui résulte de la différence des lectures quand ces faces sont successivement perpendiculaires à l'axe optique. Je me propose de revenir plus tard sur ce point, et de le soumettre alors à un examen approfondi.

4. J'ai fait avec le prisme Merz n°. II quatre séries de mesures, en observant toujours, d'après la méthode de Newton, pour chaque raie en particulier, la déflexion minima correspondante à cette raie. Deux de ces séries furent exécutées le 12 Juillet, une le 25 Juillet et une le 11 Août; entre ces deux dernières dates, le 6 Août, se place encore un fragment de série, que l'état nébuleux du ciel ne permit pas de compléter. Ce fragment de série ne m'a pas été entièrement inutile, car il m'a servi, dans certains cas, comme vérification, ou pour l'intercalation d'une raie perdue dans les séries complètes [1]). Le 12 Juillet je commençai par le point 1 α, et continuai jusqu'au point 49; immédiatement après, je revins de 49 à 1 α; le 25 Juillet je montai de nouveau depuis 1 β jusqu'à 50; le 11 Août je descendis de 50 à 1 β. La portion de série qui se rapporte au 6 Août a été prise en marchant de 50 vers 1 α. Pendant ces observations, j'ai constamment consulté ma montre, et j'ai noté de temps en temps les indications du thermomètre à l'intérieur du local où j'opérais, afin de pouvoir calculer, au moyen du temps, la température approchée de l'atmosphère ambiante pour l'instant de l'observation.

Pour le calcul des observations j'ai pris d'abord, d'une part la moyenne des deux séries du 12 Juillet, d'autre part celle des séries du 25 Juillet et du 11 Août. J'obtenais ainsi des valeurs

---

[1]) J'ai reconnu trop tard que, en rédigeant ma Note précédente (*Archives Néerl.* T. II, p. 453), je m'étais, dans un moment de distraction, mal exprimé au sujet des quatre séries de mesures relatives au prisme Merz n°. I. Chacun des nombres de ces quatre séries résulte d'une seule observation, et n'est pas la moyenne de deux résultats distincts; les quatre séries d'alors n'ont donc pas plus de poids que les deux séries données ici. Cette rectification enlève un peu de sa force à l'argumentation par laquelle j'ai essayé d'établir une dépendance, entre le changement de l'indice avec la température, et la longueur d'onde.

de déflexion qui reposaient chacune sur deux mesures, et je réduisais de moitié le nombre des résultats à calculer. Par suite, j'ai pris également la moyenne des deux températures appartenant à une même raie, ce qui a eu pour effet de rendre plus uniformes les températures assignées aux différentes raies dans une même colonne. Outre les points pour lesquels j'ai déterminé antérieurement la longueur d'onde, on en trouvera encore quelques autres pour lesquels j'ai mesuré ici l'indice de réfraction. Comme angle réfringent j'ai adopté, pour toutes les observations, la valeur de 59° 56′ 43″,4.

Les résultats sont rapportés dans la table I. La colonne 1 renferme ceux qui proviennent de la combinaison des deux séries du 12 Juillet, et la colonne 2 contient ceux des moyennes des séries du 25 Juillet et du 11 Août; chacun de ces résultats moyens est accompagné de la température moyenne qui lui correspond. La colonne 3 donne les moyennes des nombres de 1 et 2, et ces mêmes moyennes se retrouvent dans la colonne 4 réduites à une température uniforme de 24° C, à l'aide des variations des indices pour la température, qu'on a pu déduire, il est vrai d'une manière imparfaite, des colonnes 1 et 2. Pour restreindre, autant que possible, le nombre des chiffres, on a supprimé dans les premières colonnes l'unité et les deux premières décimales, ne conservant que les trois dernières, et indiquant par mon signe habituel, 0 ou 9 par exemple, les cas très rares où la décimale précédente doit être augmentée ou diminuée d'une unité.

L'accord remarquable entre les résultats de la colonne 4 et ceux obtenus, dans ma Note précédente, pour le prisme Merz n°. I, témoigne de l'homogénéité de la masse primitive de verre dans laquelle les deux prismes ont été taillés. L'écart qui subsiste se résume d'abord en une différence constante moyenne de 7 unités de la cinquième décimale, en faveur des indices de mon premier Mémoire; cette différence peut découler en partie des erreurs inévitables dans la mesure des angles réfringents. Ensuite, on observe que la différence diminue assez régulièrement de l'extrémité la moins réfrangible à l'extrémité la plus réfrangible du

spectre, de telle sorte, qu'elle s'élève jusqu'à 9 dans la première partie et descend jusqu'à 5 dans la seconde; cette variation de la différence, de même qu'une fraction de sa valeur constante, disparaîtrait en grande partie si l'on tenait compte du changement que la correction pour la température éprouve avec la longueur d'onde, changement qui ne peut être négligé ici, puisque, lors de mes dernières expériences, la température de l'atmosphère a été d'environ 4° C. plus haute que lors des premières. Tout bien pesé, je crois qu'il ne restera pas, en définitive, des écarts plus grands que ceux dont sont affectées les observations analogues de Fraunhofer pour le flint-glass n°. 23, lesquels écarts montent encore, pour les raies E et F, à 5 et 6 unités de la cinquième décimale.

5. La colonne 5 donne la comparaison entre le calcul et l'observation, c'est-à-dire les différences entre les résultats du premier et ceux de la seconde, pour toutes les raies dont la longueur d'onde a été déterminée par moi-même. J'ai fait usage pour le calcul de trois formules distinctes; les différences inscrites sous I se rapportent à une formule à l'établissement de laquelle avaient concouru toutes mes raies; sous II, à une formule que j'obtins après avoir supprimé, pour des raisons que j'indiquerai dans un instant, toute la partie du spectre après la raie 35; sous III enfin, à une formule que je trouvai après avoir retranché en outre la partie initiale du spectre; depuis 1 α jusqu'à 4 β. Ces formules, calculées comme d'ordinaire par la méthode des moindres carrés, sont les suivantes:

$$\text{pour I,} \quad n = 1{,}714502 + \frac{1086990}{\lambda^2} + \frac{6652412(10)^6}{\lambda^4}$$

$$\text{pour II,} \quad n = 1{,}714479 + \frac{1086971}{\lambda^2} + \frac{6684116(10)^6}{\lambda^4}$$

$$\text{pour III,} \quad n = 1{,}714681 + \frac{1087298}{\lambda^2} + \frac{6514331(10)^6}{\lambda^4}$$

En rapprochant la forme de ces équations de celle dont je me suis servi antérieurement, on remarquera que le troisième terme offre deux chiffres de plus, sans importance propre d'ailleurs, et

par suite le facteur $(10)^6$ au lieu de $(10)^8$; ce changement a été introduit uniquement afin de mettre plus d'uniformité entre ces équations et celles relatives à d'autres substances, et de rendre ainsi la comparaison plus facile.

Le motif qui m'a engagé à calculer les formules II et III, c'est que je voulais rechercher si, la courbe restant d'ailleurs determinée par un nombre de points considérable, l'omission des raies extrêmes, des plus comme des moins réfrangibles, aurait une influence sensible sur les coefficients, et de quelle nature cette influence pourrait être. Le résultat montre qu'on peut raccourcir hardiment le spectre à ses deux extrémités, sans apporter un changement notable aux constantes de l'équation; il n'y a que la suppression au côté le moins réfrangible qui élève un peu le premier coefficient et abaisse un peu le troisième, ce qui n'a pas lieu de nous surprendre, puisque le troisième terme prend naturellement, à mesure que la longueur d'onde croît ou que les rayons deviennent moins réfrangibles, une valeur beaucoup plus faible, et que, par suite, une partie relativement plus grande de cette valeur peut facilement passer du troisième terme, qui est variable, au premier, qui est constant, ou réciproquement.

Réfraction et dispersion de l'hydrure de cinnamyle.

6. Je désirais soumettre à l'expérience une huile essentielle douée d'un haut degré de réfringence et de dispersion. J'avais songé à l'huile de cannelle; mais mon ami le professeur van Kerckhoff me conseilla de donner la préférence à l'hydrure de cinnamyle, comme représentant l'essence à son plus grand degré de pureté, et, par conséquent, sous une forme plus facile à reproduire ultérieurement. Ayant reconnu la justesse de cette observation, je me décidai en faveur de l'hydrure, et, par l'entremise de M. W. Paul de Deventer, je reçus de M. H. J. Deeleman d'Erfurt, la quantité qui m'était nécessaire pour mon travail. Voici comment j'ai opéré avec cet hydrure de cinnamyle.

Un prisme creux de Steinheil, que j'avais déjà utilisé dans des recherches sur quelques dissolutions salines, devait de nouveau servir ici; mais je ne pouvais plus faire usage de la térébenthine de Venise comme moyen d'adhésion des verres obturateurs, parce qu'il était à prévoir que cette matière serait dissoute par l'huile essentielle. L'idée me vint alors d'essayer la colle liquide à froid de Dumoulin, que je pouvais me procurer à bas prix, brune ou blanche, à Amsterdam, et qui m'avait déjà rendu d'importants services dans d'autres circonstances. Cette substance me satisfit complétement, et je puis en recommander l'usage à tout le monde. Il est probable, d'après ce qu'on m'a dit, que c'est de la colle animale dissoute dans l'acide acétique ou dans quelque liquide analogue. Quoi qu'il en soit de sa composition, je trouvai, et cela me suffisait, qu'elle était insoluble dans les huiles essentielles, et qu'elle fixait parfaitement les verres obturateurs sur le prisme; en ce moment, ces verres adhèrent encore avec tant de force, que je compte les laisser indéfiniment en place; et si quelque circonstance particulière m'obligeait à les détacher, un peu d'eau chaude en viendrait facilement à bout.

Mon prisme une fois armé, le travail ne m'offrit plus de difficultés spéciales. Pour la détermination de la température du liquide j'employais un petit thermomètre qui marquait les cinquièmes de degré et pouvait, par conséquent, donner sans peine les dixièmes par estimation; la température de l'appartement fut observée au moyen du même thermomètre que précédemment. J'ai fait ici un usage très assidu du premier de ces instruments, parce que j'avais reconnu que les indices de réfraction du liquide étaient très sensibles aux petites différences de température. En même temps j'annotais fréquemment l'heure et la minute, ce qui me permit de calculer plus tard, par interpolation, la température du liquide pour chaque raie; pour ma facilité personnelle j'ai admis dans les tables les résultats de calcul avec les centièmes de degré inclusivement, parce qu'il me restait encore à prendre les moyennes de ces températures et, finalement, à tenir compte de la variation des indices avec la température. Pour faire disparaître,

autant que possible, les différences de densité auxquelles pouvait donner lieu la répartition inégale de la chaleur dans la masse du liquide, j'agitais celui-ci dans le prisme, au moment de l'observation, à l'aide du réservoir du thermomètre, au moins lorsque les circonstances ne s'y opposaient pas. Du reste, je n'ai pas, dans le cours de mes expériences, éprouvé d'embarras particuliers de cette inégalité de densité, si ce n'est immédiatement après l'éloignement du thermomètre; j'étais obligé alors d'attendre pendant quelques instants, le spectre se montrant confus; mais dès que le liquide était entré en repos, — et se trouvait probablement, non à une température uniforme, mais partagé en couches extrêmement minces et de températures régulièrement croissantes, — les raies de Fraunhofer redevenaient distinctes et je pouvais reprendre mes mesures.

Encore sous l'impression des désagréments que m'avaient causés les fuites du prisme lors de recherches faites sur l'eau et sur le chlorhydrate d'ammoniaque, j'observai la précaution de scinder en deux les déterminations de l'angle du prisme, et d'en effectuer chaque fois une moitié avant et l'autre moitié après les mesures de réfraction; j'avais ainsi le moyen de juger si les verres obturateurs s'étaient déplacés durant les observations.

Les mesures ont été faites comme de coutume d'après la méthode de Newton. Le trou à la partie supérieure du prisme, qui devait donner passage au réservoir du thermomètre, était constamment fermé par une petite lame de glace.

7. Mes observations sont de nouveau distribuées en quatre séries. Deux de ces séries ont été obtenues le 3 Septembre, en allant de la raie 1 α jusqu'à 35 et revenant de 35 vers 1 α; on a pris les moyennes de ces deux séries. Deux autres séries ont été déterminées le 9 Septembre; ce jour-là, on a débuté par 35 et marché vers 1 α, pour retourner immédiatement après de 1 α à 35; les moyennes de ces deux séries ont encore été calculées et adoptées comme résultats de l'observation pour le 9 Septembre. En outre, je possède encore, du 5 Septembre, une partie de série, qui, commencée à 35, s'arrête à 14 α, l'état du ciel ayant rendu

toute observation ultérieure impossible. Je n'ai fait usage de ce fragment de série que comme moyen de vérification, et pour l'intercalation d'une couple de raies qui, l'un des deux autres jours, n'avaient pas été mesurées ou ne l'avaient été qu'imparfaitement.

J'ai de nouveau reconnu ici, par l'observation de la fente du collimateur à travers le prisme vide, que l'influence des verres obturateurs n'a pas de valeur sensible et peut, par suite, être négligée complétement; en d'autres termes, ces verres peuvent être regardés comme étant à faces rigoureusement parallèles.

On a trouvé pour l'angle réfringent du prisme:

	3 Septembre.	5 Septembre.
avant les mesures de réfraction	60° 38′ 54″,0	60° 38′ 52″,1
	58,8	56″,9
après „ „ „ „	53,3	
	48,6	
moyenne	60° 38′ 53″,7	60° 38′ 54′,5

	9 Septembre.
avant les mesures de réfraction	60° 38′ 57″,8
	54,1
après „ „ „ „	59,8
	65,2
moyenne	60° 38′ 59′,2

Ces angles montrent, du 3 au 9 Septembre, un léger accroissement, que je regarde toutefois comme purement apparent. Quant à la valeur de l'angle réfringent pour un même jour, en présence de la petitesse des écarts entre les différents résultats, on peut admettre avec confiance qu'elle est restée invariable, qu'elle a été la même avant et après les observations de réfraction. Dans le calcul des indices de réfraction, on a fait usage de la valeur 60° 38′ 53′,7 de l'angle réfringent pour les observations du 3 Septembre, et de la valeur 60° 38′ 59′,2 pour celles du 9 Septembre.

8. Les résultats du calcul se trouvent consignés dans la table II: la colonne 1 donne les résultats du 3 Septembre avec les températures correspondantes, la colonne 2 ceux du 9 Septembre,

la colonne 3 les moyennes, la colonne 4, enfin, ces moyennes réduites à la température de 23°,5 C. Dans les trois premières colonnes on a de nouveau supprimé les trois premiers chiffres. La dernière colonne, 5, concerne la comparaison entre la formule obtenue par la méthode des moindres carrés et l'observation; elle donne les différences: Calcul—Observation.

A cause de la dispersion énergique du liquide, et de la valeur considérable de l'angle du prisme, il m'a été impossible de dépasser le point 35; au-delà, les raies n'étaient plus perceptibles. Cette circonstance aggravant encore l'inconvénient du grand intervalle qui sépare les raies 34 et 35, j'ai pris dans cet intervalle deux points reconnaissables (34) et (35) auxquels j'ai étendu les mesures de réfraction; (34) est le bord le moins réfrangible d'une bande, (35) le bord le plus réfrangible d'une autre bande assez large. J'ai ensuite eu recours au prisme Merz n°. I, et, par interpolation, j'ai calculé les longueurs d'onde correspondantes aux indices de réfraction trouvés avec ce prisme; les longueurs ainsi déterminées sont: pour (34), $\lambda = 4795{,}5$, et pour (35), $\lambda = 4728{,}2$. Ces longueurs ont alors été admises dans le calcul tout comme celles déjà fixées antérieurement.

La formule qui représente le mieux les observations est:

$$n = 1{,}575443 + \frac{905722}{\lambda^2} + \frac{20739559(10)^6}{\lambda^4}$$

C'est précisément parce que dans le cas actuel je n'avais pu dépasser la raie 35, que j'ai eu l'idée de chercher, comme on l'a vu plus haut, quels changements subiraient les coefficients de la formule pour le prisme Merz n°. II si l'on rognait successivement le spectre à ses deux extrémités; je voulais savoir jusqu'à quel point l'expression ci-dessus, qui ne reposait que sur les raies antérieures à 36, pouvait être regardée comme d'application générale.

9. La table II renferme encore une petite table accessoire ayant pour inscription: *Variation de l'indice avec la température.* Je n'avais pas tardé à reconnaître que le changement de l'indice avec la température, — lequel, ici, est naturellement normal, c'est-à-dire

que l'indice décroît quand la température s'élève, — augmentait à mesure que la longueur d'onde diminue. J'ai alors, afin d'arriver à une élimination aussi complète que possible des erreurs d'observation, calculé, pour quelques groupes de raies, les différences concomitantes de température et d'indice entre les colonnes 1 et 2, puis j'en ai déduit la variation de l'indice pour 1° C. Ce sont ces divers éléments qu'on trouve dans la petite table; les nombres qu'elle contient ont servi pour la réduction de la colonne 3 à la température constante 23°,5 de la colonne 4.

10. Il reste encore à faire connaître la densité du liquide employé. En suivant la méthode déjà appliquée, dans une occasion précédente, à plusieurs autres liquides, j'ai trouvé, l'eau à 4° C. étant prise pour unité:

	à 16°,45 C.	densité	1,05672
	„ 16,73 „	„	1,05612
en moyenne	à 16°,59 C.	densité	1,05642

Je n'ai pas fait de pesées à des températures assez éloignées de celle-ci pour pouvoir fixer, avec quelque exactitude, le coefficient de dilatation du liquide. La saison était déjà trop avancée pour que le thermomètre atteignît encore les températures élevées auxquelles avaient eu lieu les mesures de réfraction; or, c'était précisément pour ces températures-là que j'aurais voulu, de préférence, déterminer la densité et la dilatation. Bien que se rapportant à une température différente, la densité indiquée suffit du reste pour caractériser, sous ce rapport, la nature du liquide. De petites quantités de liquide, restées dans le prisme, montrèrent bientôt les cristaux aciculaires de l'acide cinnamique.

Réfraction et dispersion de l'essence d'anis.

11. Le résultat de mon travail sur l'hydrure de cinnamyle ne m'avait satisfait qu'à moitié; j'éprouvais une certaine contrariété de m'être vu arrêté dans mes mesures à la raie 35, uniquement parce que je n'avais pas sous la main un bon prisme pour liquides

d'un angle plus petit, et je ne me résignais pas à terminer ma campagne d'observations sans avoir étudié, d'une manière complète, quelque liquide doué d'une grande dispersion. J'eus donc de nouveau recours à M. Baden Powell [1]), et mon choix se porta cette fois-ci sur l'essence d'anis, dans l'espoir qu'elle me dédommagerait de la déception partielle que m'avait causée l'hydrure de cinnamyle. M. Paul me procura de l'essence d'anis de première qualité (de l'huile de Russie, la plus pure selon lui), qu'il avait reçue directement de M. Deeleman d'Erfurt.

Je trouvai pour le poids spécifique de cette essence:

	à 15°,93 C.	densité	0,98074
	„ 16,14 „	„	0,98055
en moyenne	à 16°,03 C.	densité	0,98065;

variation pour 1° = 0,00090,

la densité de l'eau à 4° C. étant toujours prise pour unité. On voit que la dilatation trouvée tombe, sans doute par un hasard favorable, plus près de la valeur à laquelle on pourrait s'attendre, que celle trouvée pour l'hydrure de cinnamyle.

Je crus remarquer en cette essence un arrière-goût de matière grasse; mais on me rassura en me faisant observer que cette saveur se rencontre fréquemment dans les huiles essentielles, même alors qu'elles sont parfaitement pures.

12. Sur cette huile, j'ai encore une fois exécuté quatre séries différentes de mesures de réfraction: deux le 12 Septembre, la première allant de 1α à 46, la seconde de 46 à 1α; et deux autres le 21 Septembre, la première de 46 à 1α, la seconde de 1α à 46.

Le 13 et le 20 Septembre, le prisme ayant été rempli de liquide, j'ai déterminé son angle réfringent; mais ces jours-là le ciel était trop couvert pour que des observations de réfraction fussent possibles.

Les valeurs suivantes ont été obtenues pour l'angle du prisme:

[1]) *The undulatory theory*, London. 1841.

	12 Septembre.	21 Septembre.
avant les mesures de réfraction	60° 38′ 46″,6	60° 38′ 37″,8
	49,1	46,7
après „ „ „ „	43,0	33,8
	59,0	44,1
moyenne	60° 38′ 49″,4	60° 38′ 40″,6

	13 Septembre.	20 Septembre.
	60° 38′ 40″,5	60° 38′ 39″,2
	53 ,4	13 ,0
moyenne	60° 38′ 47″,0	60° 38′ 26″,1

Ces nombres ne dénotent aucune altération réelle dans la valeur de l'angle, ni par conséquent dans la position des verres obturateurs, soit avant, soit après les observations. Pour me renfermer strictement, toutefois, dans le cadre des résultats immédiats de l'expérience, j'ai calculé les mesures du 12 Septembre avec l'angle réfringent 60° 38′ 39″,4, et celles du 21 Septembre avec l'angle 60° 38′ 40″,6.

13. La table III contient dans la colonne 1 les indices calculés avec les déflexions moyennes des deux séries du 12 Septembre, et dans la colonne 2 les indices correspondants aux moyennes des deux séries du 21 Septembre. La colonne 3 donne de nouveau les moyennes des deux colonnes précédentes, et la colonne 4 ces moyennes réduites à la température de 21°,4 C. La colonne 5 enfin est encore consacrée à la comparaison des formules avec l'observation; on y voit, comme pour le prisme Merz n°. II, les écarts tels qu'on les trouve, d'abord en faisant entrer toutes les raies dans le calcul, ensuite en interrompant le spectre au point 38, enfin en le coupant en bas et en haut aux points indiqués par la table. Cette table III renferme, en outre, une petite table donnant les *variations de l'indice avec la température*, et entièrement semblable à celle qui avait déjà été calculée pour l'hydrure de cinnamyle.

Les formules qn'on obtient en restreignant successivement l'éten-

due du spectre, ainsi qu'il vient d'être dit, et en bornant le calcul aux raies conservées, sont les suivantes:

$$\text{I.} \qquad n = 1{,}519745 + \frac{736825}{\lambda^2} + \frac{7785175(10)^6}{\lambda^4}$$

$$\text{II.} \qquad n = 1{,}519436 + \frac{762225}{\lambda^2} + \frac{7312792(10)^6}{\lambda^4}$$

$$\text{III.} \qquad n = 1{,}519421 + \frac{762350}{\lambda^2} + \frac{7342446(10)^6}{\lambda^4}.$$

Bien que la différence entre ces formules soit un peu plus accusée qu'entre celles relatives au spectre du prisme de flint-glass, elle demeure pourtant peu importante. Il semble en résulter qu'une formule calculée avec une partie du spectre, aussi restreinte que celle qui sert de base à la formule II, ne s'éloigne pas beaucoup de la vérité; et qu'il en est encore de même quand on ne fait entrer en compte qu'un nombre de raies encore plus petit, ainsi que cela a eu lieu pour la formule III.

Le fait que le coefficient de la variation avec la température croît quand la longueur d'onde décroît, ressort ici de la petite table accessoire encore plus distinctement que dans le cas de l'hydrure de cinnamyle.

Discussion.

14. Les observations générales que j'ai à ajouter à ce qui précède ne sont pas nombreuses. Le troisième terme de la formule acquiert plus d'importance pour l'hydrure de cinnamyle que pour le flint-glass et surtout que pour l'essence d'anis. Il en est autrement du second terme; celui-ci a le plus de poids, d'abord pour le flint-glass, ensuite pour l'hydrure de cinnamyle, et finalement pour l'essence d'anis. La somme des carrés des écarts restants est, pour la même étendue du spectre, beaucoup plus grande dans l'hydrure de cinnamyle que dans le flintglass, lequel,

sous ce rapport, ne l'emporte que peu sur l'essence d'anis. La valeur considérable que prend, dans les deux liquides, le coefficient pour la température, peut sans doute exercer de l'influence sur les erreurs accidentelles; mais elle ne saurait, en aucun cas, affecter la marche générale des écarts. Surtout les observations concernant l'hydrure de cinnamyle mettent donc en évidence que, même à la formule à trois termes, il manque encore quelque chose pour représenter exactement l'expérience; malgré toutes les imperfections dont mes résultats, je veux bien le reconnaître, peuvent être entachés, la formule reste encore au-dessous de ces résultats.

Je me suis laissé aller, ici comme dans beaucoup d'autres cas, à calculer les coefficients des formules avec un trop grand nombre de chiffres, plusieurs de ces chiffres ne contribuant que médiocrement à la précision des résultats et manquant d'ailleurs eux-mêmes de l'exactitude nécessaire. Sans doute, il n'y a aucun mal à pousser l'approximation trop loin. Pour faire apprécier, toutefois, le degré de considération que les chiffres méritent, je noterai que 200 dans le coefficient du second terme donne environ les différences suivantes dans l'indice de réfraction:

pour 1 α 0,000003, pour 14 λ 0,000006, et pour 50 0,000012; et que 5000 dans le coefficient du troisième terme est exprimé dans l'indice de réfraction approximativement de cette manière:

pour 1 α 0,000001, pour 14 γ 0,000004, et pour 50 0,000019. On voit d'après cela qu'on peut hardiment négliger les deux derniers chiffres dans le second coefficient et les quatre derniers dans le troisième, d'autant plus que ces chiffres ne peuvent eux-mêmes inspirer aucune confiance. En les supprimant, il faudra naturellement multiplier le second terme par $(10)^2$, et le troisième par $(10)^{10}$ au lieu de $(10)^6$; c'est uniquement afin d'éviter cette forme, au moins pour le second terme, que j'ai fait figurer dans les formules les chiffres superflus.

15. On remarquera une irrégularité fâcheuse dans les petites tables calculées pour les deux liquides; *la variation de l'indice avec la température* y montre, en effet, pour l'hydrure de cinnamyle, un minimum déplacé vers 14 γ, c'est-à-dire vers le maximum

Table III.

ESSENCE D'ANIS.

M.	1. 60° 38′ 49″,4		2. 60° 38′ 40″,6		3.		4. Temp. 21°,4 C.	5. *Calcul.-Observ.*		
	T	n	T	n	T	n	n	I	II	III
1α	21°,85	420	20°,51	506	21°,18	463	1,53449	+19	18	
1β	21,87	428	20,56	514	21,21	471	1,53459	20	19	
2β	21,88	622	20,59	706	21,23	664	1,53653	9	9	
3α	21,90	646	20,46	741	21,18	694	1,53680	11	12	
4α	21,99	836	20,45	939	21,22	888	1,53876	6	8	
4β	22,01	840	20,45	940	21,23	890	1,53879	5	7	
5	22,04	059	20,46	164	21,25	112	1,54101	2	4	+ 5
6	22,06	097	20,47	204	21,26	151	1,54142	— 3	0	0
7	22,08	113	20,47	220	21,27	167	1,54158	2	1	2
8α	22,10	299	20,48	410	21,29	355	1,54347	5	— 2	— 1
8β	22,13	300	20,55	408	21,34	354	1,54350	7	3	3
9	22,15	381	20,58	490	21,36	436	1,54433	10	7	5
10	22,15	409	20,56	521	21,35	465	1,54462	10	7	6
11	22,17	433	20,58	545	21,37	489	1,54487	10	7	6
12	22,22	443	20,60	561	21,41	502	1,54503	11	8	7
13	22,25	465	20,62	581	21,43	523	1,54525	13	10	9
14α	22,28	684	20,64	805	21,46	745	1,54749	14	11	9
14γ	22,33	693	20,66	810	21,49	752	1,54758	16	13	11
15	22,36	023	20,68	143	21,52	083	1,55092	14	12	10
16	22,39	035	20,70	156	21,54	096	1,55106	15	13	11
17	22,42	154	20,72	277	21,57	216	1,55228	14	13	11
18	22,41	231	20,69	352	21,55	292	1,55303	9	8	6
19	22,43	261	20,61	387	21,52	324	1,55332	7	6	4
20	22,47	393	20,59	520	21,53	457	1,55466	6	6	3
21	22,48	459	20,56	589	21,52	524	1,55532	0	0	+ 3
22α	22,49	559	20,54	693	21,51	626	1,55633	0	1	2
23	22,50	625	20,51	758	21,50	692	1,55699	+ 1	0	2
24	22,51	634	20,49	767	21,50	701	1,55708	2	0	3
25	22,52	713	20,46	849	21,49	781	1,55787	3	+ 1	4
26	22,53	732	20,44	869	21,48	801	1,55806	5	3	6
27α	22,54	739	20,48	875	21,51	807	1,55814	4	2	5
27γ	22,40	749	20,47	879	21,43	814	1,55816	6	4	7
28	22,68	863	20,41	011	21,54	937	1,55946	9	5	9
29	22,69	903	20,41	050	21,55	977	1,55987	6	3	6
30	22,69	977	20,41	131	21,55	054	1,56064	10	6	9
31	22,70	158	20,42	311	21,56	235	1,56246	10	4	8
32	22,70	309	20,42	465	21,56	387	1,56398	10	3	7
33	22,70	355	20,42	510	21,56	433	1,56444	10	3	7
34	22,70	379	20,42	534	21,56	457	1,56468	12	4	8
35	22,71	881	20,43	043	21,57	962	1,56974	16	2	7
36β	22,71	306	20,66	447	21,68	377	1,57396	5		
37	22,69	808	20,56	962	21,62	885	1,57901	8		
38	22,42	982	20,53	127	21,47	055	1,58060	10		
39	22,44	038	20,51	183	21,47	111	1,58116	13		
40	22,44	111	20,49	256	21,46	184	1,58188	4		
41	22,44	258	20,46	409	21,45	334	1,58338	— 2		
42	22,43	304	20,43	456	21,43	380	1,58382	+ 6		
43	22,43	454	20,41	598	21,42	526	1,58527	3		
44	22,43	833	20,38	989	21,40	911	1,58911	—13		
45	22,43	891	20,42	044	21,42	967	1,58969	23		
46	22,43	044	20,41	196	21,42	120	1,59122	27		
							Somme des Carrés..........	5777	2427	1496

$$\text{I} \quad n = 1{,}519745 + \frac{736825}{\lambda^2} + \frac{7785175(10)^6}{\lambda^4}.$$

$$\text{II} \quad n = 1{,}519436 + \frac{762225}{\lambda^2} + \frac{7312792(10)^6}{\lambda^4}.$$

$$\text{III} \quad n = 1{,}519421 + \frac{762350}{\lambda^2} + \frac{7342446(10)^6}{\lambda^4}.$$

Variation de l'indice avec la température.

	Δ T	Δ n	Δ n *pour* 1° C.
1α — 3α	5°,38	0,00351	0,000653
4α — 7	7,78	522	671
8α — 11	7,95	542	682
12 — 14γ	6,56	472	720
15 — 18	6,79	485	714
19 — 20	3,70	247	668
21 — 24	7,88	530	673
25 — 27γ	8,14	539	662
28 — 31	9,11	602	661
32 — 34	6,84	466	681
35 — 36β	4,33	293	677
37 — 39	5,95	444	739
40 — 43	7,95	592	745
44 — 46	6,08	471	775

Table I.

PRISME DE MERZ, N°. II.

M.	1. 59° 56′ 43″,4		2. 59° 56′ 43″,4		3.		4. Temp. 24°,0 C.	5. *Calcul-Observ.*		
	T	*n*	T	*n*	T	*n*	*n*	I	II	III
1α	23°,7	496			23°,7	496	1,73496	+16	+14	
1β	23,3	503	20°,8	500	22,0	501	1,73501	25	24	
2β	23,7	754	21,0	755	22,4	755	1,73755	8	7	
3α	23,3	794	21,0	795	22,1	794	1,73794	8	7	
3β	23,1	791			23,1	791	1,73791	12	11	
4α	23,7	044			23,7	044	1,74044	4	3	
4β	23,5	048	20,9	046	22,2	047	1,74048	3	2	
5	23,7	334	20,9	332	22,3	333	1,74334	— 4	— 5	+ 7
6	23,8	381	22,6	380	23,2	380	1,74380	4	5	7
7	23,8	406	22,6	401	23,2	404	1,74404	6	7	5
8α	23,8	642	22,6	639	23,2	640	1,74641	8	8	2
8β	23,9	643	22,6	641	23,3	642	1,74642	8	8	2
9	23,9	746	22,6	744	23,3	745	1,74745	10	10	— 1
10*	24,1	772	22,6	767	23,3	771	1,74771			
10	24,1	782	22,6	778	23,3	780	1,74780	9	9	0
11*	24,2	805	22,5	804	23,4	805	1,74805			
11	24,2	812	22,5	809	23,4	810	1,74811	9	9	0
12	24,3	830	22,5	828	23,4	829	1,74830	10	10	1
13	24,4	857	22,5	853	23,4	855	1,74855	10	10	1
14α	24,5	136	22,4	133	23,4	134	1,75134	10	10	3
14β	24,5	141	22,4	137	23,4	139	1,75139	11	11	4
14γ	22,9	144	21,5	141	22,2	143	1,75143	10	10	3
15	24,7	558	22,5	554	23,6	556	1,75556	9	8	4
16	24,7	572	22,4	568	23,6	570	1,75570	8	7	3
17	24,8	723	22,5	721	23,6	722	1,75722	9	8	5
18*	24,6	809			24,6	809	1,75809			
18	24,9	817	22,5	813	23,7	815	1,75815	5	4	1
19*	24,9	843	22,5	840	23,7	841	1,75841			
19	24,9	857	22,6	854	23,7	855	1,75856	8	7	4
19**	24,9	872	22,6	870	23,7	871	1,75871			
19***			22,6	873	22,6	873	1,75874			
20	25,1	019	22,7	017	23,9	018	1,76018	6	4	3
21	25,1	104	22,7	101	23,9	103	1,76103	3	2	1
22α	25,1	226	22,7	223	23,9	225	1,76225	4	2	2
23	25,2	305	22,7	302	24,0	304	1,76304	2	0	1
24	25,3	317	22,7	315	24,0	316	1,76316	2	0	1
25	23,1	414	21,3	410	22,2	412	1,76412	1	+ 1	1
26	23,0	437	22,6	435	22,8	436	1,76437	1	1	1
27α	23,0	445	22,6	443	22,8	444	1,76444	+ 1	3	+ 1
27γ	23,1	448	22,5	447	22,8	448	1,76448	1	3	1
28	25,3	609	22,5	605	23,9	607	1,76607	1	4	0
29	25,3	654	22,5	652	23,9	653	1,76653	2	4	0
30	25,3	747	22,5	745	23,9	746	1,76746	5	8	3
31	25,3	963	22,4	960	23,9	961	1,76962	6	9	2
32	25,3	141	22,5	138	23,9	140	1,77140	9	12	4
33	25,3	198	22,5	196	23,9	197	1,77197	6	9	1
34	25,4	226	21,3	222	23,4	224	1,77224	9	13	4
35	25,4	818	22,5	816	24,0	817	1,77817	16	20	6
36α	25,4	279	22,5	275	24,0	277	1,78277	22		
36β	25,4	303	22,5	304	24,0	303	1,78303	10		
36γ	25,4	328			25,4	328	1,78328			
37	25,4	882	22,5	880	24,0	881	1,78881	19		
38	25,5	068	22,5	065	24,0	067	1,79067	18		
38*	25,4	081	22,5	078	24,0	079	1,79079			
39	25,5	134	22,5	127	24,0	130	1,79130	22		
39*	25,5	143	22,6	140	24,0	141	1,79141			
40*	25,5	183	22,6	180	24,0	181	1,79181			
40	25,5	214	22,5	208	24,0	211	1,79211	14		
40**	25,5	255	22,6	250	24,0	253	1,79253			
41	25,4	383	22,6	380	24,0	381	1,79381	8		
42	25,4	435	22,6	432	24,0	434	1,79434	13		
43	22,8	597	22,7	594	22,7	595	1,79596	13		
44	25,4	025	21,4	018	23,4	022	1,80022	6		
44*			22,8	028	22,8	028	1,80029			
45*	25,4	074	22,3	070	23,9	072	1,80072			
45	25,4	088	22.9	084	24,1	086	1,80086	— 3		
46	23,4	255	21,7	248	22,6	252	1,80253	3		
47	25,4	424	22,8	416	24,1	420	1,80420	34		
47*			22,8	421	22,8	421	1,80422			
48	25,4	472	21,7	467	23,6	470	1,80470	19		
48*			22,7	472	22,7	472	1,80473			
49	23,6	574	22,7	573	23,1	573	1,80574	12		
50			22,7	659	22,7	659	1,80660	30		
Somme des Carrés								8051	3271	337

$$\text{I} \quad n = 1{,}714502 + \frac{1086990}{\lambda^2} + \frac{6652412(10)^6}{\lambda^4}.$$

$$\text{II} \quad n = 1{,}714479 + \frac{1086971}{\lambda^2} + \frac{6684116(10)^6}{\lambda^4}.$$

$$\text{III} \quad n = 1{,}714681 + \frac{1087298}{\lambda^2} + \frac{6514331(10)^6}{\lambda^4}.$$

Table II.

HYDRURE DE CINNAMYLE. $C_{18} H_8 O_2$.

M.	1. 60° 38′ 53″,7		2. 60° 38′ 59″,2		3.		4. Temp. = 23°,5 C.	5. *Calc.-Obs.*
	T	*n*	T	*n*	T	*n*	*n*	I
1α	23°,86	651	22°,77	706	23°,26	679	1,59666	+ 43
1β	23,98	654	22,77	716	23,37	685	1,59678	49
2β	24,01	977	22,76	049	23,37	013	1,60006	18
3α	24,04	019	22,75	092	23,39	056	1,60050	23
3β	24,07	016	22,74	092	23,40	054	1,60048	26
4α	24,10	349	22,69	428	23,39	389	1,60383	6
4β	24,13	352	22,68	430	23,40	391	1,60385	8
5	24,18	733	22,67	811	23,42	772	1,60768	— 6
6	24,30	788	22,66	879	23,48	834	1,60833	10
7	24,34	819	22,65	907	23,49	863	1,60862	9
8α	24,37	137	22,64	230	23,50	184	1,61184	11
8β	24,40	140	22,64	233	23,52	187	1,61188	14
9	24,44	282	22,63	378	23,53	330	1,61332	20
10*	24,53	316	22,67	408	23,60	362	1,61367	
10	24,56	323	22,60	420	23,61	372	1,61378	15
11*	24,60	359	22,65	455	23,62	407	1,61413	
11	24,63	363	22,63	465	23,63	414	1,61421	14
12	24,66	390	22,62	490	23,64	440	1,61447	15
13	24,69	424	22,60	526	23,64	475	1,61482	12
14α	24,72	811	22,59	917	23,65	864	1,61871	10
14β	24,75	817	22,58	926	23,66	872	1,61880	14
14γ	24,79	822	22,57	933	23,68	878	1,61887	14
15	24,82	413	22,55	528	23,69	471	1,62481	8
16	24,86	438	22,54	554	23,70	496	1,62506	10
17	24,97	654	22,51	780	23,74	717	1,62729	10
18*	24,98	778	22,50	907	23,74	842	1,62854	
18	25,00	788	22,48	921	23,74	855	1,62867	3
19*	25,01	826	22,47	955	23,74	891	1,62904	
19	25,02	845	22,45	981	23,73	913	1,62925	4
19**	25,03	870	22,45	007	23,74	939	1,62952	
19***	25,05	875	22,43	013	23,74	944	1,62957	
20	25,05	087	22,42	227	23,73	157	1,63169	1
21	25,07	214	22,40	355	23,73	285	1,63297	+ 4
22α	25,08	397	22,39	544	23,73	471	1,63483	3
23	25,10	516	22,37	665	23,73	591	1,63603	7
24	25,10	537	22,36	689	23,73	613	1,63625	4
25	25,17	684	22,30	841	23,73	764	1,63776	2
26	25,18	723	22,26	877	23,72	800	1,63812	6
27α	25,20	737	22,22	895	23,71	816	1,63827	4
27γ	25,21	742	22,19	902	23,70	822	1,63833	4
28	25,27	985	22,14	155	23,70	070	1,64081	4
29	25,28	060	21,83	248	23,55	154	1,64157	1
30	25,28	204	21,83	399	23,55	302	1,64305	5
31	25,29	548	21,75	759	23,52	654	1,64655	— 3
32	25,31	837	21,44	057	23,37	947	1,64940	+ 2
33	25,31	918	21,40	150	23,35	034	1,65025	4
34	25,31	973	21,36	200	23,33	087	1,65077	1
(34)	20,35	601	21,32	536	20,83	569	1,65408	— 4
(35)	20,25	934	21,27	872	20,76	903	1,65738	2
35	25,33	973	21,23	211	23,28	092	1,66092	21
Somme des Carrés								9080

$$\text{I} \quad n = 1{,}575443 + \frac{905722}{\lambda^2} + \frac{20739559(10)^6}{\lambda^4}.$$

Variation de l'indice avec la température.

	Δ T	Δ *n*	Δ *n* *pour* 1° C.
1α— 3β	6°,17	0,00338	0,000548
4α— 7	7,70	424	551
8α—11	13,01	665	511
12 —14γ	10,65	52	496
15 —18	12,09	619	512
19*—20	12,94	680	526
21 —24	10,83	589	544
25 —27γ	11,79	629	534
28 —31	13,57	764	563
32 —34	11,67	669	582
(34)—35	6,05	365	603

Au lieu de ∅ et 9, voyez pag. 445, on a fait usage, dans les tables II et III, de 0 et 9.

d'intensité ; et au même point un maximum, non moins inopportun, pour l'essence d'anis. Ces déviations auraient-elles quelque fondement dans la nature même des phénomènes ? J'incline à croire, jusqu'à nouvel ordre, qu'elles doivent être mises simplement sur le compte d'une accumulation accidentelle d'erreurs d'observation assez sensibles, ce qui n'aurait pas lieu d'étonner quand on considère l'influence considérable qu'une légère variation de température exerce sur l'indice de réfraction.

16. La table I montre çà et là des sauts assez brusques dans la température de deux raies successives ; cela provient de ce que, dans le courant d'une même série régulièrement progressive, j'ai, pour quelques raies principales, répété l'observation à plusieurs reprises et à des températures passablement différentes ; pour accroître le degré d'exactitude, j'ai alors pris pour chacune de ces raies la moyenne des divers résultats et l'ai substituée, dans le calcul et dans la table, au résultat unique qui avait été annoté pour cette raie au moment où elle se présentait à son rang véritable dans la série des observations. Cette pratique n'offrait ici aucun inconvénient, parce que l'influence de la température était très faible. Pour les huiles essentielles, où cette influence se fait sentir beaucoup plus énergiquement, je me serais bien gardé, en général, de procéder de la même manière ; je n'ai eu recours pour elles à quelque chose d'analogue que dans des cas d'absolue nécessité.

17. J'ignore encore jusqu'à quel point il pourrait être utile de reprendre l'année prochaine l'examen de l'hydrure de cinnamyle avec un prisme de plus petit angle réfringent, pour atteindre les rayons de moindre longueur d'onde. En se laissant guider par la comparaison des formules I et II pour le flint-glass et l'essence d'anis, on serait conduit à penser qu'une modification légère des coefficients de la formule est tout ce qui résulterait de l'admission dans le calcul des rayons les plus réfrangibles. Mais il se pourrait aussi que les écarts considérables que, déjà maintenant, l'hydrure de cinnamyle donne entre la formule et l'observation, prissent des proportion excessives pour les rayons les plus déviés et nous indiquassent la voie à

suivre pour compléter la formule. Une étude plus minutieuse de la formule trouvée pour ce liquide fournira peut-être quelques indications propres à fixer mes idées. Si de nouvelles mesures exécutées sur l'hydrure de cinnamyle ne me paraissent pas indispensables, je réserverai mon temps pour des recherches dont il y ait plus à attendre, par exemple pour l'étude de quelque huile essentielle contenant plus d'oxygène; une pareille étude jetterait peut-être quelque jour sur des points encore complétement obscurs, tels, entre autres, que l'influence qui, dans l'eau, revient à l'oxygène par rapport à la nature des termes de notre formule. Des mesures sur une couple d'excellents prismes de crown-glass, sur un prisme d'un autre verre pesant, sur une ou deux huiles essentielles et une huile grasse, sur l'alcool, sur un petit nombre de dissolutions, et sur quelques autres matières transparentes, voilà ce qu'il me reste encore à faire avant que je puisse regarder les données expérimentales comme assez complètes pour aborder fructueusement la discussion de la théorie de la dispersion.

Pourvu de semblables résultats soigneusement choisis, je pourrais entrer peut-être avec quelque fruit dans le champ exploité par MM. Schrauf, Landolt, Montigny et autres. Je ne sais où me conduira la suite de mes recherches; mais plus je m'y avance plus je vois le champ s'élargir, et plus aussi je vois se reculer la vérité, que je croyais pouvoir saisir de prime abord.

Si d'après la formule (*Arch. Néerl.*, T. II, p. 464) déduite de la formule de Christoffel, on calcule le coefficient du troisième terme à l'aide de la première constante et du coefficient du deuxième terme, on trouve,

pour la formule de l'hydrure de cinnamyle:

$$N = 1{,}575443 + \frac{905722}{\lambda^2} + \frac{455620(10)^6}{\lambda^4};$$

et pour la formule I de l'essence d'anis:

$$N = 1{,}519745 + \frac{736825}{\lambda^2} + \frac{312542(10)^6}{\lambda^4}.$$

L'inspection des petites valeurs de ces coefficients du troisième terme, comparées aux valeurs obtenues par le calcul direct, montre suffisamment que la vérité semble se voiler à mesure que mes recherches avancent. Mais l'observation et l'expérience, et elles seules, ne manqueront pas, tôt ou tard, de la mettre au jour.

Explication des tables.

La table I renferme plusieurs raies dont la longueur d'onde n'a pas encore été donnée par moi, mais sur lesquelles je me propose de revenir plus tard. Entraîné par le dédoublement remarquable de certaines raies et par la netteté inusitée de quelques autres, — l'un et l'autre par suite de l'étendue du spectre de réfraction auquel j'avais affaire, — je ne pus résister au désir de comprendre ces raies supplémentaires dans les mesures, et je consigne ici les résultats avec les autres uniquement afin qu'ils ne se perdent pas. Toutefois, pour ne pas surcharger ma liste en augmentant inutilement le nombre des signes et des numéros d'ordre, j'ai rapporté ces points accessoires à celles des raies primitives dont ils se rapprochent le plus, en les distinguant par un astérisque. Partout où j'ai observé le dédoublement d'une raie que j'avais regardée comme simple dans mes mesures avec les réseaux, ou que j'avais désignée alors comme bande d'une certaine largeur, j'ai pris la plus foncée des raies observées pour le point déterminé au moyen des réseaux.

10* accompagne la raie 10 du côté le moins réfrangible et à une distance appréciable; 11* est une compagne analogue pour 11, mais plus rapprochée; 18* est une compagne moins réfrangible et très déliée du point 18 lequel, dans mes recherches sur les réseaux, figure comme raie élargie, tandis qu'en réalité il paraît résulter de la coïncidence de deux raies bien prononcées; 19*, 19, 19** et 19*** forment ensemble le petit faisceau très reconnaissable de raies séparées et déliées, qu'on voit dans mon

dessin du spectre et aussi dans celui de Fraunhofer; 38 et 39 se sont dédoublées ici avec facilité; d'après ce qui a été dit, 38 et 39 sans astérisque sont les raies les plus foncées des deux couples, 38* et 39* les plus faibles; 40* est le commencement de la large bande G; 40 est la première, la moins réfrangible, des deux raies foncées qu'on trouve dans cette bande, celle que j'ai toujours mesurée comme G; 40** est la seconde de ces raies, qui se trouve à peu près sur l'autre bord, le plus réfrangible, de la bande; à 44, 45, 47, et 48 s'applique ce qui a été dit au sujet de 38 et de 39.

On retrouve plusieurs de ces nouveaux points dans la table II, pour laquelle il n'y a rien à ajouter à l'explication précédente.

La table III ne présente rien de particulier. Lors des observations qui s'y rapportent l'été tirait à sa fin, et pour terminer la besogne je fus obligé de me borner à ce qui était strictement nénessaire; en m'écartant de mon but proprement dit j'aurais risqué de voir le mauvais temps rendre les observations impossibles. Mes craintes à cet égard n'avaient pas été vaines, car, ce travail achevé, je ne pus plus rien entreprendre avec succès.

HARLEM, 27 Décembre 1867.

ÉTUDE

DE LA MARCHE

DE LA PENDULE ASTRONOMIQUE HOHWÜ No. 20

ET DU

CHRONOMÈTRE KNOBLICH no. 1700,

PAR

Dr. P. J. KAISER.

Vérificateur-adjoint des Instruments nautiques de la Marine royale Néerlandaise.

Il y a deux ans M. le professeur van der Willigen, directeur du cabinet de physique de Teyler, à Harlem, me pria d'étudier la marche de deux horloges astronomiques qui venaient d'être acquises par le Musée Teyler. Cette étude a maintenant été continuée pendant assez longtemps pour qu'il soit possible de porter un jugement exact sur la qualité des deux appareils en question, et je me rends volontiers au désir exprimé par M. van der Willigen en faisant connaître les résultats obtenus à cet égard.

L'une des horloges est une pendule astronomique, construite par M. A Hohwü d'Amsterdam, et l'autre un chronomètre, sans suspension dans des chapes, destiné aux usages d'un observatoire, et sortant des ateliers de M. Knoblich d'Altona. Dans ce qui va suivre, la pendule sera désignée sous le nom de Hohwü n°. 20, le chronomètre sous celui de Knoblich n°. 1700.

Le 18 Novembre 1865 la pendule Hohwü n° 20 a été suspendue, selon la méthode connue, au pilier qui supporte le grand réfracteur de l'Observatoire de Leyde, savoir à la partie de ce pilier

qui traverse la pièce où sont conservés et vérifiés les instruments de la Marine Néerlandaise. Par sa situation au côté nord de l'Observatoire et par l'épaisseur de ses murs, cette pièce offre les conditions les plus favorables à l'observation de la marche des horloges en général, la température ne s'y élevant et ne s'y abaissant qu'avec beaucoup de lenteur et de régularité. — Pour rendre l'appréciation de la marche autant que possible indépendante des erreurs qu'on commet inévitablement en notant les indications de l'horloge, j'ai jugé utile de déduire la marche d'indications qui ne fussent pas prises à des intervalles trop rapprochés. On pouvait obtenir la marche journalière avec une exactitude suffisante en n'employant que les écarts hebdomadaires des indications de l'horloge. Les déterminations de l'heure qui me sont fournies par l'Observatoire, en vue des signaux de temps de la Marine Néerlandaise, devaient servir à la comparaison. Chaque mardi et vendredi soir on fait au cercle méridien une détermination exacte de l'heure, qui est appliquée aux signaux de temps du même soir, et à la comparaison hebdomadaire des chronomètres de la Marine, laquelle a lieu le samedi matin à 9 heures. C'était donc le vendredi soir, peu de temps avant ou immédiatement après la détermination astronomique de l'heure, qu'il fallait procéder à la confrontation de la pendule avec la pendule principale de l'Observatoire pour trouver les écarts avec le plus d'exactitude. Cette comparaison a, par suite, eu lieu régulièrement chaque vendredi, à 9 heures du soir. — Les températures qui correspondent aux indications journalières de la pendule ont été obtenues à l'aide d'un thermomètre qu'on consulte tous les jours à 8½ heures du matin. Les températures moyennes hebdomadaires du local où se trouvait la pendule sont connues très exactement en prenant la moyenne des huit observations quotidiennes, comme je m'en suis assuré par des recherches spéciales entreprises au moyen de l'appareil appelé thermo-chronomètre. La hauteur barométrique moyenne de chaque semaine m'était donnée par un baromètre de Butti, qui a été livré à l'Observatoire par M. Kipp de Delft, et dont les erreurs sont déterminées par comparaison avec le baromètre affecté aux

observations méridiennes; l'influence de la température sur la hauteur barométrique n'a pas été négligée. Chaque vendredi soir, immédiatement après la comparaison, on annotait l'amplitude d'oscillation du pendule, pour tâcher de découvrir quelle relation il y avait entre cette amplitude et la marche journalière. Malheureusement, il est impossible de faire l'observation, à l'œil, avec une précision suffisante. En regardant très attentivement, on peut distinguer des variations d'une couple de minutes d'arc; mais, durant une période de deux années, cette valeur n'a jamais été dépassée par la variation d'amplitude du pendule de l'horloge Hohwü n°. 20. L'amplitude est constamment restée entre 3° 20′ et 3° 22′.

Avant de passer aux résultats proprement dits de l'examen, je dois encore faire mention d'une circonstance qui, en comparant la marche de la pendule Hohwü n°. 20, telle qu'elle ressort de mes observations, avec celle d'autres pendules astronomiques, pourrait faire regarder cette marche comme moins parfaite qu'elle n'est en réalité. Dans les recherches qui ont été publiées sur la marche de pendules astronomiques, on a toujours, pour porter un jugement équitable sur la qualité de l'instrument examiné, eu soin d'écarter les observations qui avaient été effectuées pendant la première année. On sait, en effet, qu'une pendule nouvellement construite gagne notablement en régularité après qu'elle a marché durant quelques mois. Mais pour la pendule Hohwü n°. 20, j'ai dû tenir compte de tous les résultats obtenus, dès le premier jour de l'observation, parce qu'autrement le nombre des données aurait été insuffisant pour la détermination d'une formule exacte.

La table A fait connaître les écarts de la pendule, tels que je les ai trouvés chaque vendredi soir à 9 heures, ainsi que les valeurs qu'on en déduit pour la marche diurne.

Pour apprécier l'influence que le temps, la pression de l'air et la température exercent sur la pendule Hohwü n°. 20, je condenserai les résultats de cette table, qui déterminent la marche diurne de semaine en semaine, et j'en déduirai les moyennes pour des périodes d'un mois. Les petites erreurs dont les déterminations de

Table A.

DATE.	Temps moyen de Leyde—Temps de la pendule.		Marche diurne.
1865.			
24 Novembre...	0m	16s,11	
1 Décembre...	0	20,93	+0s,69
8 〃	0	28,32	+ 1,06
15 〃	0	37,46	+ 1,31
22 〃	0	46,44	+ 1,28
29 〃	0	56,28	+ 1,41
1866.			
5 Janvier.....	1	4,75	+ 1,21
12 〃	1	12,20	+ 1,06
19 〃	1	20,82	+ 1,23
26 〃	1	29,07	+ 1,18
2 Février.....	1	36,52	+ 1,06
9 〃	1	43,78	+ 1,04
16 〃	1	50,88	+ 1,01
23 〃	1	59,85	+ 1,28
2 Mars.......	2	7,93	+ 1,15
9 〃	2	16,50	+ 1,22
16 〃	2	24,95	+ 1,21
23 〃	2	32,60	+ 1,09
30 〃	2	41,07	+ 1,21
6 Avril......	2	48,17	+ 1,01
13 〃	2	54,97	+ 0,97
20 〃	3	2,02	+ 1,01
27 〃	3	8,94	+ 0,99
4 Mai........	3	15,38	+ 0,92
11 〃	3	21,82	+ 0,92
18 〃	3	28,52	+ 0,96
25 〃	3	35,34	+ 0,97
1 Juin.......	3	40,96	+ 0,80
8 〃	3	45,42	+ 0,64
15 〃	3	49,02	+ 0,51
22 〃	3	52,82	+ 0,59
29 〃	3	56,53	+ 0,53
6 Juillet......	3	58,82	+ 0,33
13 〃	4	2,73	+ 0,56
20 〃	4	6,10	+ 0,48
27 〃	4	9,69	+ 0,51
3 Août.......	4	12,70	+ 0,43
10 〃	4	15,24	+ 0,36
17 〃	4	18,72	+ 0,49
24 〃	4	22,11	+ 0,48
31 〃	4	25,01	+ 0,41
7 Septembre ..	4	27,67	+ 0,38
14 〃	4	30,46	+ 0,39
21 〃	4	34,06	+ 0,51
28 〃	4	37,91	+ 0,56
5 Octobre	4	41,62	+ 0,53
12 〃	4	46,65	+ 0,72
19 〃	4	51,78	+ 0,73
26 〃	4	57,37	+ 0;79
2 Novembre...	5	3,41	+ 0,86
9 〃	5	8,89	+ 0,78

DATE.	Temps moyen de Leyde—Temps de la pendule.		Marche diurne.
1866.			
16 Novembre...	5m	14s,67	+0s,83
23 〃	5	21,42	+ 0,96
30 〃	5	27,78	+ 0,91
7 Décembre...	5	35,18	+ 1,06
14 〃	5	41,65	+ 0,92
21 〃	5	48,96	+ 1,04
28 〃	5	56,87	+ 1,13
1867.			
4 Janvier.....	6	2,99	+ 0,88
11 〃	6	9,73	+ 0,96
18 〃	6	17,13	+ 1,06
25 〃	6	25,23	+ 1,16
1 Février.....	6	33,37	+ 1,16
8 〃	6	40,00	+ 0,95
15 〃	6	46,82	+ 0,97
22 〃	6	54,27	+ 1,06
1 Mars.......	7	1,72	+ 1,06
8 〃	7	9,98	+ 1,18
15 〃	7	17,31	+ 1,05
22 〃	7	25,59	+ 1,18
29 〃	7	32,23	+ 0,95
5 Avril......	7	39,11	+ 0,98
12 〃	7	44,92	+ 0,83
19 〃	7	51,03	+ 0,87
26 〃	7	56,14	+ 0,73
3 Mai........	8	2,10	+ 0,85
10 〃	8	8,57	+ 0,92
17 〃	8	14,41	+ 0,83
24 〃	8	20,12	+ 0,82
31 〃	8	25,80	+ 0,81
7 Juin.......	8	30,19	+ 0,63
14 〃	8	34,74	+ 0,65
21 〃	8	40,00	+ 0,75
28 〃	8	44,66	+ 0,67
5 Juillet......	8	48,80	+ 0,59
12 〃	8	54,05	+ 0,75
19 〃	8	57,50	+ 0,49
26 〃	9	0,83	+ 0,48
2 Août.......	9	4,93	+ 0,59
9 〃	9	8,71	+ 0,54
16 〃	9	12,77	+ 0,58
23 〃	9	16,40	+ 0,52
30 〃	9	19,86	+ 0,49
6 Septembre ..	9	23,17	+ 0,47
13 〃	9	26,58	+ 0,49
20 〃	9	30,65	+ 0,58
27 〃	9	35,35	+ 0,67
4 Octobre	9	39,76	+ 0,63
11 〃	9	44,57	+ 0,69
18 〃	9	49,79	+ 0,74
25 〃	9	54,61	+ 0,69

la marche, de la température et de la hauteur barométrique pourraient encore être affectées deviennent ainsi tout à fait inoffensives. Dans la première colonne de la table B, les périodes mensuelles sont indiquées par les jours initial et final de chacune d'elles. La deuxième colonne contient les marches diurnes moyennes de la pendule, et les troisième et quatrième colonnes donnent les indications moyennes du baromètre et du thermomètre pour les périodes indiquées dans la première colonne. La cinquième colonne renferme les marches diurnes moyennes réduites à 0m,760 de hauteur barométrique et 14° du thermomètre de Celsius. Cette réduction a été opérée au moyen de coefficients sur lesquels nous reviendrons plus loin.

Table B.

PÉRIODES.	Marche diurne moyenne.	Baromètre.	Thermomètre centigr.	Marche diurne réduite.	Écart de la moyenne.
1865.					
1 Déc. — 29 Déc.	+1s,365	0m,7717	+ 5°,0	+s0,813	—0s,054
29 〃 — 26 Janv.	+1,170	0,7586	+ 5,6	+0,879	—0,120
1866.					
26 Janv. — 23 Févr.	+1,097	0,7569	+ 6,6	+0,862	—0,103
23 Févr. — 30 Mars.	+1,176	0,7538	+ 4,9	+0,911	—0,152
30 Mars — 27 Avril.	+0,995	0,7609	+10,5	+0,878	—0,119
27 Avril — 25 Mai.	+0,942	0,7612	+11,9	+0,879	—0,120
25 Mai — 29 Juin.	+0,614	0,7597	+18,7	+0,788	—0,029
29 Juin — 27 Juillet.	+0,470	0,7600	+19,5	+0,670	+0,089
27 Juillet — 31 Août.	+0,434	0,7558	+17,4	+0,604	+0,155
31 Août — 28 Sept.	+0,460	0,7547	+15,9	+0,586	+0,173
28 Sept. — 26 Oct.	+0,692	0,7647	+13,3	+0,617	+0,142
26 Oct. — 30 Nov.	+0,868	0,7589	+ 8,5	+0,680	+0,079
30 Nov. — 28 Déc.	+1,038	0,7604	+ 6,1	+0,747	+0,012
28 Déc. — 25 Janv.	+1,015	0,7505	+ 2,1	+0,783	+0,076
1867.					
25 Janv. — 22 Févr.	+1,035	0,7618	+ 6,3	+0,736	+0,023
22 Févr. — 29 Mars.	+1,084	0,7582	+ 4,2	+0,746	+0,013
29 Mars — 26 Avril.	+0,852	0,7550	+ 9,2	+0,730	+0,029
26 Avril — 31 Mai.	+0.846	0,7580	+13,7	+0,857	—0,098
31 Mai — 28 Juin.	+0,675	0,7616	+18,0	+0,804	—0,045
28 Juin — 26 Juillet.	+0,578	0,7577	+18,0	+0,749	+0,010
26 Juillet — 30 Août.	+0,544	0,7602	+19,1	+0,728	+0,031

L'influence de la température sur la marche de la pendule ne peut être déduite que de la comparaison des résultats obtenus respectivement dans les mois d'été et dans les mois d'hiver.

Pour les mois d'été on a:

	Marche.	Barom.	Thermom.
1866 Juin...........	+ 0^s,614	0^m,7597	+ 18°,7
Juillet.........	+ 0,470	0,7600	+ 19,5
Août...........	+ 0,434	0,7558	+ 17,4
moyenne...	+ 0,506	0,7585	+ 18,5
1867 Juin...........	+ 0,675	0,7616	+ 18,0
Juillet.........	+ 0,578	0,7577	+ 18,0
Août...........	+ 0,544	0,7602	+ 18,4
moyenne...	+ 0,599	0,7598	+ 18,4

L'accord qui se manifeste entre les résultats obtenus dans les années 1866 et 1867 montre que l'influence du temps sur la marche de la pendule doit être très faible. Cette influence est entièrement éliminée dans la détermination de l'effet de la chaleur, lorsqu'on compare la moyenne des deux résultats ci-dessus avec la marche observée pendant les mois d'hiver intermédiaires. Cette moyenne donne:

Marche = + 0^s,552, pour Barom. 0^m,7591, Thermom. + 18°,45.

Pour les mois d'hiver on a:

	Marche.	Barom.	Thermom.
1866 Décembre........	+ 1^s,038	0^m,7604	+ 6°,1
1867 Janvier..........	+ 1,015	0,7505	+ 2,1
1867 Février..........	+ 1,035	0,7618	+ 6,3
moyenne...	+ 1,029	0,7575	+ 4,83
correction..	+ 0,019	0,0016	+
	+ 1,048	0,7591	+ 4,83

La hauteur moyenne du baromètre pendant les mois d'hiver est très rapprochée de celle qui correspond aux mois d'été. Afin d'obtenir les marches hyémales et estivales pour une même pression atmosphérique, j'ai apporté une petite correction à la marche pendant les mois d'hiver, en me servant pour cette correction du coefficient barométrique déterminé antérieurement pour la pendule Hohwü n°. 17, qui est la pendule régulatrice de l'Observatoire de Leyde. Il est clair que les coefficients de l'influence barométrique ne peuvent différer beaucoup pour des pendules construites exactement de la même manière, et il était donc permis de faire

usage du coefficient indiqué, surtout eu égard à l'insignifiance des différences barométriques. D'après le résultat obtenu, la variation qu'éprouve la marche de la pendule Hohwü n° 20 pour 13°,62 C. s'élève à — 0^s,496. La variation de marche pour 1° C. est donc égale à — 0_s,03642.

La détermination de l'influence que la pression de l'air exerce sur la marche de la pendule ne peut être déduite des moyennes mensuelles de la marche diurne, de la température et de la hauteur barométrique, parce que, dans des périodes d'aussi longue durée, les moyennes barométriques ne diffèrent pas assez entre elles. J'ai eu recours aux moyennes hebdomadaires de la marche diurne, et parmi ces moyennes j'en ai choisi une douzaine correspondant à de fortes pressions barométriques, et un nombre égal se rapportant à de basses pressions. Voici ces valeurs:

Hauteurs barométriques fortes.

PÉRIODES.	Marche diurne.	Baromètre.	Thermomètre centigrade.
1865.			
8 Déc. — 15 Déc.	+ 1^s,31	0^m,7776	+ 4°,57
15 〃 — 22 〃	+ 1,28	0,7752	+ 5,63
22 〃 — 29 〃	+ 1,41	0,7711	+ 3,38
1866.			
19 Janv. — 26 Janv.	+ 1,18	0,7670	+ 7,63
20 Avril — 27 Avril	+ 0,99	0,7668	+ 12.00
18 Mai — 25 Mai.	+ 0,97	0,7662	+ 12,88
6 Juillet — 13 Juillet.	+ 0,56	0,7659	+ 18,25
5 Oct. — 12 Oct.	+ 0,72	0,7680	+ 14,65
1867.			
15 Févr. — 22 Févr.	+ 1,06	0,7693	+ 8,25
22 〃 — 1 Mars.	+ 1,06	0,7668	+ 6,88
1 Mars — 8 〃	+ 1,18	0,7655	+ 3.63
21 Juin — 28 Juin.	+ 0,67	0,7652	+ 18,38
moyenne..........	+ 1,032	0,7695	+ 9,69

Hauteurs barométriques faibles.

PÉRIODES.	Marche diurne.	Baromètre.	Thermomètre centigrade.
1866.			
5 Janv. — 12 Janv.	+ 1s,06	0m,7470	+ 4°,75
9 Févr. — 16 Févr.	+ 1,01	0,7489	+ 7,13
23 " — 2 Mars.	+ 1,15	0,7498	+ 4,25
2 Mars — 9 "	+ 1,22	0,7515	+ 3,88
16 " — 23 "	+ 1,09	0,7496	+ 5,50
29 Juin — 6 Juillet.	+ 0,33	0,7502	+ 20,38
3 Août — 10 Août.	+ 0,36	0,7520	+ 17,13
28 Déc. — 4 Janv.	+ 0,88	0,7468	+ 4,75
1867.			
4 Janv. — 11 Janv.	+ 0,96	0,7466	+ 3,00
11 " — 18 "	+ 1,06	0,7506	+ 1,63
1 Févr. — 8 Févr.	+ 0,95	0,7507	+ 6,13
12 Juillet — 18 Juillet.	+ 0,49	0,7517	+ 18.25
moyenne..........	+ 0,880	0,7496	+ 8,06

Si, à l'aide de l'influence déjà connue de la chaleur, on réduit la marche moyenne pour les hautes pressions barométriques à la même température que la marche pour les basses pressions, on obtient les deux résultats définitifs suivants:

Marche = + 1s,091, pour Barom. 0m,7695, Thermom. + 8°,06
" = + 0,880, " " 0,7496, " + 8,06

Pour une variation de 0m,0199 dans la hauteur barométrique, la marche de la pendule éprouve donc une variation de 0s,211. D'après cela + 1mm. de variation de hauteur barométrique donne + 0s,01060 de variation dans la marche.

Dans la cinquième colonne de la table B, les marches diurnes de la pendule Hohwü n°. 20, telles qu'elles ont été déduites, pour des intervalles successifs d'un mois, des observations directes, se trouvent réduites à la hauteur barométrique de 0m,760 et à la température de 14° C., à l'aide des effets que nous venons de déterminer pour la pression atmosphérique et la température. La sixième colonne, qui donne les différences entre la moyenne de ces marches réduites et ces marches elles-mêmes, montre que durant les onze premiers mois la pendule a modifié légèrement sa marche, indépendamment de l'action de la température et de la pression atmosphérique. Ainsi que j'en ai déjà fait la remarque, on n'au-

rait, à la rigueur, pas dû tenir compte des observations de ces mois dans l'étude de la marche. La plupart des pendules astronomiques connues éprouvent dans les premiers temps des changements de marche beaucoup plus appréciables, et il y en a même qui ont besoin de plusieurs années avant de prendre une marche constante. On aurait pu déduire de la variation en question un coefficient, qui aurait pu être regardé comme représentant l'influence du temps. Mais il n'y aurait que de l'inconvénient à appliquer un pareil coefficient aux marches ultérieures. C'est pourquoi j'ai négligé tout à fait l'influence du temps, et j'ai adopté pour la marche constante la moyenne de toutes les marches réduites, savoir $+ 0^s,759$. D'après cela, la marche de la pendule Hohwü n°. 20 peut être représentée par la formule:

$$\text{marche diurne} = + 0^s,759 + 0^s,03642\,(14°-t) - 0^s,01060\,(760^{mm}-b),$$

dans laquelle t indique le degré du thermomètre d'après l'échelle centigrade, et b la hauteur barométrique exprimée en millimètres. Pour que cette formule se prête mieux à l'exécution des calculs de réduction, on peut lui donner la forme:

$$\text{marche diurne} = + 1^s,163 - 0^s,03642\,t - 0^s,01060\,(b-750^{mm}).$$

La table suivante C. établit la comparaison entre les résultats de la formule et ceux de l'observation, pour les marches diurnes correspondant à des périodes d'une semaine.

Dans la seconde moitié du mois de Septembre 1865 je reçus de M. Knoblich d'Altona le chronomètre destiné au Musée Teyler. J'ai examiné cet instrument de la manière usitée pour les chronomètres de la Marine Néerlandaise. Chaque samedi matin, entre 9 et 11 heures, la marche des chronomètres de la Marine est comparée avec celle de la pendule astronomique Hohwü n°. 15, qui leur est spécialement affectée, par l'intermédaire d'un chronomètre qui fait 130 battements par minute. Les indications de la pendule sont rapportées soigneusement au temps moyen de Leyde au moyen d'une détermination astronomique de l'heure, à laquelle on procède peu de temps avant ou après l'intervalle où a lieu

Table C.

PERIODES.			Baromètre.	Therm. centigr.	Marche diurne observée.	Marche diurne calculée.	Différence. O. - C.
1865.							
24 Nov.	—	1 Déc.	0m,7533	+ 9°,0	+ 0s,69	+ 0s,87	— 0s,18
1 Déc.	—	8 〃	0,7628	+ 6,4	+ 1,06	+ 1,08	— 0,02
8 〃	—	15 〃	0,7776	+ 4,7	+ 1,31	+ 1,18	+ 0,13
15 〃	—	22 〃	0,7752	+ 5,6	+ 1,28	+ 1,13	+ 0,15
22 〃	—	29 〃	0,7711	+ 3,4	+ 1,41	+ 1,26	+ 0,15
1866.							
29 Déc.	—	5 Janvier.	0,7587	+ 4,6	+ 1,21	+ 1,08	+ 0,13
5 Janvier	—	12 〃	0,7470	+ 4,7	+ 1,06	+ 0,96	+ 0,10
12 〃	—	19 〃	0,7616	+ 5,6	+ 1,23	+ 1,08	+ 0,15
19 〃	—	26 〃	0,7670	+ 7,6	+ 1,18	+ 1,08	+ 0,10
26 〃	—	2 Février.	0,7594	+ 7,0	+ 1,06	+ 1,01	+ 0,05
2 Février	—	9 〃	0,7562	+ 7.9	+ 1,04	+ 0,94	+ 0,10
9 〃	—	16 〃	0,7489	+ 7,1	+ 1,01	+ 0,89	+ 0,12
16 〃	—	23 〃	0,7632	+ 4,4	+ 1,28	+ 1,14	+ 0,14
23 〃	—	2 Mars.	0,7498	+ 4,2	+ 1,15	+ 1,01	+ 0,14
2 Mars	—	9 〃	0,7515	+ 3,9	+ 1,22	+ 1,04	+ 0,18
9 〃	—	16 〃	0,7561	+ 4,1	+ 1,21	+ 1,07	+ 0,14
16 〃	—	23 〃	0,7496	+ 5,5	+ 1,09	+ 0,96	+ 0,13
23 〃	—	30 〃	0,7618	+ 6,7	+ 1,21	+ 1,04	+ 0,17
30 〃	—	6 Avril.	0,7555	+ 8,6	+ 1,01	+ 0,91	+ 0,10
6 Avril	—	13 〃	0,7593	+ 10,0	+ 0,97	+ 0,91	+ 0,06
13 〃	—	20 〃	0,7620	+ 11,5	+ 1,01	+ 0,87	+ 0,14
20 〃	—	27 〃	0,7668	+ 12,0	+ 0,99	+ 0,90	+ 0,09
27 〃	—	4 Mai.	0,7524	+ 11,8	+ 0,92	+ 0,75	+ 0,17
4 Mai	—	11 〃	0,7624	+ 11,5	+ 0,92	+ 0,87	+ 0,05
11 〃	—	18 〃	0,7639	+ 11,4	+ 0,96	+ 0,89	+ 0,07
18 〃	—	25 〃	0,7662	+ 12,9	+ 0,97	+ 0,86	+ 0,11
25 〃	—	1 Juin.	0,7557	+ 14,2	+ 0,80	+ 0,70	+ 0,10
1 Juin	—	8 〃	0,7626	+ 19,1	+ 0,64	+ 0,60	+ 0,04
8 〃	—	15 〃	0,7613	+ 21,2	+ 0,51	+ 0,51	+ 0,00
15 〃	—	22 〃	0,7561	+ 18,1	+ 0,59	+ 0,56	+ 0,03
22 〃	—	29 〃	0,7629	+ 21,2	+ 0,53	+ 0,52	+ 0,01
29 〃	—	6 Juillet.	0,7502	+ 20,4	+ 0,33	+ 0,42	— 0,09
6 Juillet	—	13 〃	0,7659	+ 18,2	+ 0,56	+ 0,67	— 0,11
13 〃	—	20 〃	0,7623	+ 21,2	+ 0,48	+ 0,52	— 0,04
20 〃	—	27 〃	0,7626	+ 18,2	+ 0,51	+ 0,63	— 0,12
27 〃	—	3 Août.	0,7533	+ 17,5	+ 0,43	+ 0,55	— 0,12
3 Août	—	10 〃	0,7520	+ 17,1	+ 0,36	+ 0,56	— 0,20
10 〃	—	17 〃	0,7573	+ 16,5	+ 0,49	+ 0,64	— 0,15
17 〃	—	24 〃	0,7595	+ 16,7	+ 0,48	+ 0,65	— 0,17
24 〃	—	31 〃	0,7561	+ 19,0	+ 0,41	+ 0,53	— 0,12
31 〃	—	7 Septemb.	0,7535	+ 17,0	+ 0,38	+ 0,58	— 0,20
7 Septemb.	—	14 〃	0,7538	+ 16,7	+ 0,39	+ 0,59	— 0,20
14 〃	—	21 〃	0,7558	+ 15,1	+ 0,51	+ 0,67	— 0,16
21 〃	—	28 〃	0,7556	+ 14,6	+ 0,56	+ 0,69	— 0,13
28 〃	—	5 Octobre.	0,7628	+ 17,0	+ 0,53	+ 0,67	— 0,14
5 Octobre.	—	12 〃	0,7680	+ 14,6	+ 0,72	+ 0,82	— 0,10
12 〃	—	19 〃	0,7636	+ 11,4	+ 0,73	+ 0,88	— 0,15
19 〃	—	26 〃	0,7625	+ 10,1	+ 0,79	+ 0,92	— 0,13

Table C.

PÉRIODES.	Baromètre.	Therm. centigr.	Marche diurne observée.	Marche diurne calculée.	Différence. O. - C.
1866.					
26 Octobre. — 2 Novemb.	0m,7628	+ 8°,4	+ 0s,86	+ 0s,98	— 0s,12
2 Novemb. — 9 〃	0,7589	+ 11,0	+ 0,78	+ 0,85	— 0,07
9 〃 — 16 〃	0,7556	+ 9,6	+ 0,83	+ 0,87	— 0,04
16 〃 — 23 〃	0,7587	+ 6,7	+ 0,96	+ 1,01	— 0,05
23 〃 — 30 〃	0,7585	+ 6.6	+ 0,91	+ 1,01	— 0,10
30 〃 — 7 Décemb.	0,7538	+ 5,5	+ 1,06	+ 1,00	+ 0,06
7 Décemb. — 14 〃	0,7593	+ 7,2	+ 0,92	+ 1,00	— 0,08
14 〃 — 21 〃	0,7640	+ 7,1	+ 1,04	+ 1,05	— 0,01
21 〃 — 28 〃	0,7646	+ 4,9	+ 1,13	+ 1,03	+ 0,10
28 〃 — 4 Janvier.	0,7468	+ 4,8	+ 0,88	+ 0,96	+ 0,08
1867.					
4 Janvier — 11 〃	0,7466	+ 3,0	+ 0,96	+ 1,02	— 0,06
11 〃 — 18 〃	0,7506	+ 1,4	+ 1,06	+ 1,12	— 0,06
18 〃 — 25 〃	0,7581	— 1,0	+ 1,16	+ 1,29	— 0,13
25 〃 — 1 Février.	0,7607	+ 4,1	+ 1,16	+ 1,12	+ 0,04
1 Février — 8 〃	0,7523	+ 6,0	+ 0,95	+ 0,96	— 0,01
8 〃 — 15 〃	0,7651	+ 6,9	+ 0,97	+ 1,07	— 0,10
15 〃 — 22 〃	0,7693	+ 8,2	+ 1,06	+ 1,06	— 0,00
22 〃 — 1 Mars.	0,7668	+ 6,9	+ 1,06	+ 1,08	— 0,02
1 Mars — 8 〃	0,7655	+ 3,6	+ 1,18	+ 1,19	— 0,01
8 〃 — 15 〃	0,7532	+ 2,6	+ 1,05	+ 1,10	— 0,05
15 〃 — 22 〃	0,7549	+ 1,7	+ 1,18	+ 1,15	+ 0,03
22 〃 — 29 〃	0,7507	+ 6,1	+ 0,95	+ 0,95	— 0,00
29 〃 — 5 Avril.	0,7610	+ 7,9	+ 0,98	+ 0,99	— 0,01
5 Avril — 12 〃	0,7533	+ 8,7	+ 0,83	+ 0,87	— 0,04
12 〃 — 19 〃	0,7537	+ 9,0	+ 0.87	+ 0,87	— 0,00
19 〃 — 26 〃	0,7521	+ 11,2	+ 0,73	+ 0,77	— 0,04
26 〃 — 3 Mai.	0,7574	+ 11,2	+ 0,85	+ 0,83	+ 0,02
3 Mai — 10 〃	0,7617	+ 15,0	+ 0,92	+ 0,73	+ 0,19
10 〃 — 17 〃	0,7541	+ 15,4	+ 0,83	+ 0,64	+ 0,19
17 〃 — 24 〃	0,7578	+ 12,6	+ 0,82	+ 0,78	+ 0,04
24 〃 — 31 〃	0,7592	+ 14,5	+ 0,81	+ 0,73	+ 0,08
31 〃 — 7 Juin.	0,7578	+ 19,6	+ 0.63	+ 0,53	+ 0,10
7 Juin — 14 〃	0,7628	+ 17,7	+ 0,65	+ 0,65	+ 0,00
14 〃 — 21 〃	0,7606	+ 16,4	+ 0,75	+ 0,68	+ 0,07
21 〃 — 28 〃	0,7652	+ 18,4	+ 0,67	+ 0,65	+ 0,02
28 〃 — 5 Juillet.	0,7604	+ 18,4	+ 0,59	+ 0,61	— 0,02
5 Juillet — 12 〃	0,7651	+ 16,9	+ 0,75	+ 0,71	+ 0,04
12 〃 — 19 〃	0,7517	+ 18,2	+ 0,49	+ 0,52	— 0,03
19 〃 — 26 〃	0,7533	+ 18,4	+ 0,48	+ 0,52	— 0,04
26 〃 — 2 Août.	0,7582	+ 17,0	+ 0,59	+ 0,63	— 0,04
2 Août — 9 〃	0,7581	+ 17,0	+ 0,54	+ 0,63	— 0,09
9 〃 — 16 〃	0,7610	+ 20,0	+ 0,58	+ 0,55	+ 0,03
16 〃 — 23 〃	0,7612	+ 21,0	+ 0,52	+ 0,52	+ 0,00
23 〃 — 30 〃	0,7625	+ 20,5	+ 0,49	+ 0,54	— 0,05
30 〃 — 6 Septemb.	0,7618	+ 20,4	+ 0,47	+ 0,54	— 0,07
6 Septemb. — 13 〃	0,7592	+ 19,2	+ 0,49	+ 0,56	— 0,07
13 〃 — 20 〃	0,7634	+ 17,1	+ 0,58	+ 0,68	— 0,10

la comparaison des chronomètres. A l'instant de la comparaison, on peut donc calculer exactement l'écart de la pendule et, par conséquent, aussi celui des chronomètres. J'ai placé le chronomètre Knoblich n°. 1700 sur une des tables qui sont destinées à recevoir les chronomètres de la Marine Néerlandaise. Lorsqu'on est obligé, par défaut d'espace, de rapprocher beaucoup les chronomètres les uns des autres, on ne doit pas les placer directement sur un support rigide, tel qu'une table en bois, parce qu'en pareil cas le mouvement de chaque instrument pourrait troubler celui de ses voisins. Pour ce motif, les tables en question sont garnies de rebords qui les transforment en auges peu profondes, lesquelles auges sont remplies de coques de riz ou de quelque autre semence. Une semblable couche a pour effet d'étouffer les vibrations produites par les oscillations des lourds balanciers à compensation des chronomètres, et par suite d'empêcher que la table entière ne prenne un mouvement de trépidation qui exercerait une influence perturbatrice sur la marche des chronomètres qu'elle supporte. Depuis le 16 Septembre 1865 jusqu'au 17 Février 1866, le chronomètre Knoblich n°. 1700 a été comparé régulièrement, chaque samedi matin, au temps moyen de Leyde. La table suivante D. donne pour cette durée le relevé hebdomadaire de la marche diurne, avec la température qui s'y rapporte, exprimée en parties de l'échelle centigrade.

Il résulte de cette table que la marche du chronomètre Knoblich n°. 1700 a varié de près de 5 secondes dans l'espace de cinq mois. Malheureusement la température est allée constamment en s'abaissant durant cet intervalle, ce qui fait qu'il est impossible de décider si la variation doit être attribuée à l'influence du temps, ou à celle de la température, ou à l'influence combinée de ces deux éléments. L'effet de la température peut, toutefois, être déterminé d'une manière complétement indépendante de celui du temps, à l'aide d'un thermostat à gaz tel que celui en usage pour la Marine Néerlandaise. Ce thermostat se compose d'une armoire métallique d'assez grandes dimensions, entourée de parois en bois, et qui peut être chauffée par des flammes de gaz. Un petit gazomètre anglais maintient les flammes constamment à la même

Table D.

PÉRIODES.	Marche diurne moyenne.	Temp. moyenne C.	PÉRIODES.	Marche diurne moyenne	Temp. moyenne C.
1865.			1865.		
16 Sept. — 23 Sept.	—0s,47	+19°,1	9 Déc. — 16 Déc.	+5s,47	+ 4°,8
23 〃 — 30 〃	+ 0,69	+ 17,0	16 〃 — 23 〃	+ 5,28	+ 5,8
30 〃 — 7 Oct.	+ 1,25	+ 15,0	23 〃 — 30 〃	+ 5,08	+ 3,2
7 Oct. — 14 〃	+ 1,92	+ 13,8	1866.		
14 〃 — 21 〃	+ 2,52	+ 12,5	30 Déc. — 6 Janv.	+ 3,76	+ 4,9
21 〃 — 28 〃	+ 2,89	+ 10,9	6 Janv. — 13 〃	+ 4,96	+ 4,9
28 〃 — 4 Nov.	+ 2,82	+ 9,5	13 〃 — 20 〃	+ 4,75	+ 6,1
4 Nov. — 11 〃	+ 3,79	+ 8,0	20 〃 — 27 〃	+ 4,25	+ 7,6
11 〃 — 18 〃	+ 4,29	+ 7,1	27 〃 — 3 Févr.	+ 4,57	+ 7,1
18 〃 — 25 〃	+ 3,43	+ 8,6	3 Févr. — 10 〃	+ 4,07	+ 8,0
25 〃 — 2 Déc.	+ 3,70	+ 8,8	10 〃 — 17 〃	+ 4,95	+ 6,5
2 Déc. — 9 〃	+ 4,88	+ 6,4			

grandeur, quelles que soient les variations de pression qu'éprouve le gaz amené du dehors. Par sa construction, le gazomètre permet d'ailleurs d'augmenter ou de diminuer les flammes à volonté, mais une fois qu'on leur a donné un certain volume, elles le conservent tant qu'on ne touche pas au régulateur du gazomètre. Au moyen de cet appareil, on peut donc élever à des températures différentes la capacité intérieure de l'armoire métallique, et la maintenir pendant quelque temps à un degré déterminé. L'expérience m'a appris qu'on peut obtenir de cette manière, pendant des journées entières, une température constante à un demi-degré Réaumur près. — On introduit les chronomètres dans le thermostat à la température la plus basse qu'on suppose devoir être atteinte par les mois d'hiver, et on détermine leur marche; on chauffe alors l'appareil à une température moyenne, et on constate de nouveau la marche; puis on porte la température jusqu'au maximum auquel les chronomètres puissent être exposés sans courir le risque d'être détériorés, et on note encore une fois leur marche. Ensuite on ramène la température, d'abord au degré moyen, puis au degré de l'atmosphère ambiante, en observant encore chaque fois la marche des chronomètres. Si maintenant on prend les moyennes des marches obtenues aux basses températures et aux températures moyennes, et qu'on prenne en même temps les moyennes des températures respectives, on aura les marches aux températures basses, moyennes et élevées, telles qu'elles auraient

été à un même instant, savoir à l'instant auquel se rapporte la marche déterminée pour la température la plus haute. Cette méthode étant appliquée au chronomètre Knoblich n°. 1700, m'a donné les résultats suivants:

à + 2°,82 C.	marche diurne	=	+ 4s,74
„ + 14,74 „	„ „	=	+ 0,87
„ + 30,08 „	„ „	=	— 2,50
„ + 14,95 „	„ „	=	+ 0,91
„ + 4,18 „	„ „	=	+ 4,14

Il résulte immédiatement de ces observations que la marche du chronomètre est notablement altérée par l'effet de la température. Les coefficients pour l'influence de la température peuvent (en apparence) être déterminés exactement, parce que le chronomètre a très bien repris la même marche à la même température. En prenant les moyennes on trouve:

à + 3°,50 C.	marche diurne	=	+ 4s,44
„ + 14,84 „	„ „	=	+ 0,89
„ + 30,08 „	„ „	=	— 2,50

Substituant ces valeurs dans la formule connue

$$\text{marche diurne} = a + b\ (t - 14^\circ) + c\ (t - 14^\circ)^2,$$

et en tirant alors les valeurs des coefficients de la température, b et c, on obtient:

$$b = -0^s,2800$$
$$c = +\ 0,00342$$

La marche a, qui se rapporte à la température + 14° C., a été déduite des observations effectuées avant que le chronomètre eût été introduit dans le thermostat; elle a été trouvée égale à + 2s,02. La formule devient par suite:

$$\text{marche diurne} = +\ 2^s,02 - 0^s,2800\,(t - 14^\circ) + 0^s,00342\,(t - 14^\circ)^2,$$

où t désigne la température d'après l'échelle centigrade. La table E. est consacrée à la comparaison de la formule avec les marches diurnes relevées hebdomadairement, depuis le 16 Septembre 1865 jusqu'au moment où le chronomètre fut soumis aux épreuves du thermostat.

Table E.

PÉRIODES.	Température.	Marche diurne observée.	Marche diurne calculée.	Différence. O. - C.
1865.				
16 Sept. — 23 Sept.	+19°,1	—0s,47	+0s,67	—1s,14
23 〃 — 30 〃	+ 17,0	+ 0,69	+ 1,21	— 0,52
30 〃 — 7 Oct.	+ 15,0	+ 1,25	+ 1,74	— 0,49
7 Oct. — 14 〃	+ 13,8	+ 1,92	+ 2,09	— 0,17
14 〃 — 21 〃	+ 12,5	+ 2,52	+ 2,06	+ 0,46
21 〃 — 28 〃	+ 10,9	+ 2,89	+ 2,93	— 0,04
28 〃 — 4 Nov.	+ 9,5	+ 2,82	+ 3,35	— 0,53
4 Nov. — 11 〃	+ 8,0	+ 3,79	+ 3,78	+ 0,01
11 〃 — 18 〃	+ 7,1	+ 4,29	+ 4,10	+ 0,19
18 〃 — 25 〃	+ 8,6	+ 3,43	+ 3,62	— 0,19
25 〃 — 2 Déc.	+ 8,8	+ 3,70	+ 3,58	+ 0,12
2 Déc. — 9 〃	+ 6,4	+ 4,88	+ 4,35	+ 0,53
9 〃 — 16 〃	+ 4,8	+ 5,47	+ 4,90	+ 0,57
16 〃 — 23 〃	+ 5,8	+ 5,28	+ 4,56	+ 0,72
23 〃 — 30 〃	+ 3,2	+ 5,08	+ 5,43	— 0,35
30 〃 — 6 Janv.	+ 4,9	+ 3,76	+ 4,85	— 1,09
1866.				
6 Janv. — 13 〃	+ 4,9	+ 4,96	+ 4,85	+ 0,11
13 〃 — 20 〃	+ 6,1	+ 4,75	+ 4,43	+ 0,32
20 〃 — 27 〃	+ 7,6	+ 4,24	+ 3,95	+ 0,29
27 〃 — 3 Févr.	+ 7,1	+ 4,57	+ 4,11	+ 0,46
3 Févr. — 10 〃	+ 8,0	+ 4,07	+ 3,81	+ 0,26
10 〃 — 17 〃	+ 6,5	+ 4,95	+ 4,35	+ 0,60

Lorsque l'épreuve du thermostat fut terminée, le chronomètre reprit sa place sur la table parmi les autres appareils du même genre, et, depuis le 17 Mars 1866 jusqu'au 6 Avril 1867, il fut de nouveau comparé régulièrement, chaque semaine, au temps moyen de Leyde. La table F. contient les résultats de cette comparaison; on y trouve les marches diurnes déduites des observations hebdomadaires, et les températures correspondantes.

La comparaison des résultats d'observation avec la formule prouve que l'influence du temps sur la marche du chronomètre, pour la période du 16 Septembre 1865 jusqu'au 17 Février 1866, est presque insensible. La comparaison avec la formule des marches obtenue d'après l'épreuve du thermostat, ne saurait rien décider au sujet de l'existence de cette influence, parce que je reconnus que les coefficients de l'influence de la chaleur étaient entièrement changés. Mais la période du 17 Mars 1866 au 6 Avril 1867 me fournissait les données nécessaires pour établir avec précision une seconde formule; cette formule est la suivante:

Table F.

PÉRIODES.	Marche diurne moyenne.	Tempér. moyenne centigr.	PÉRIODES.	Marche diurne moyenne.	Tempér. moyenne centigr.
1866.			1866.		
17 Mars — 24 Mars	+4s,03	+ 5°,7	29 Sept. — 6 Oct.	—1s,70	+17°,1
24 〃 — 31 〃	+ 4,18	+ 7,2	6 Oct. — 13 〃	— 1,42	+ 14,0
31 〃 — 7 Avril	+ 4,00	+ 8,6	13 〃 — 20 〃	+ 1,26	+ 11,0
7 Avril — 14 〃	+ 2,48	+ 10,5	20 〃 — 27 〃	+ 2,24	+ 10,0
14 〃 — 21 〃	+ 2,53	+ 11,6	27 〃 — 3 Nov.	+ 2,51	+ 8,5
21 〃 — 28 〃	+ 2,44	+ 12,4	3 Nov. — 10 〃	+ 2,01	+ 11,0
28 〃 — 5 Mai	+ 2,59	+ 11,5	10 〃 — 17 〃	+ 2,62	+ 9,2
5 Mai — 12 〃	+ 2,42	+ 11,6	17 〃 — 24 〃	+ 2,48	+ 6,4
12 〃 — 19 〃	+ 2,28	+ 11,5	24 〃 — 1 Déc.	+ 1,63	+ 6,1
19 〃 — 26 〃	+ 0,97	+ 13,1	1 Déc. — 8 〃	+ 0,52	+ 5,7
26 〃 — 2 Juin.	+ 0,54	+ 14,7	8 〃 — 15 〃	+ 0,35	+ 7,0
2 Juin. — 9 〃	— 3,29	+ 19,9	15 〃 — 22 〃	+ 0,79	+ 7,0
9 〃 — 16 〃	— 2,70	+ 21,1	22 〃 — 29 〃	— 0,20	+ 4,9
16 〃 — 23 〃	— 0,73	+ 18,1	29 〃 — 5 Janv.	— 0,59	+ 4,4
23 〃 — 30 〃	— 1,85	+ 21,6	1867.		
30 〃 — 7 Juill.	— 1,24	+ 19,6	5 Janv. — 12 〃	— 0,46	+ 3,1
7 Juill. — 14 〃	— 0,73	+ 18,7	12 〃 — 19 〃	— 0,16	+ 0,1
14 〃 — 21 〃	— 1,91	+ 20,8	19 〃 — 26 〃	+ 0,52	— 0,7
21 〃 — 28 〃	— 0,59	+ 18,0	26 〃 — 2 Févr.	— 0,64	+ 4,9
28 〃 — 4 Août	— 0,29	+ 17,6	2 Févr. — 9 〃	+ 1,59	+ 6,1
4 Août — 11 〃	— 0,15	+ 17,0	9 〃 — 16 〃	+ 1,33	+ 7,1
11 〃 — 18 〃	+ 0,10	+ 16,4	16 〃 — 23 〃	+ 1,65	+ 8,4
18 〃 — 25 〃	— 0,16	+ 17,1	23 〃 — 2 Mars	+ 1,92	+ 6,4
25 〃 — 1 Sept.	— 1,12	+ 18,9	2 Mars — 9 〃	+ 0,89	+ 3,4
1 Sept. — 8 〃	— 0,69	+ 17,0	9 〃 — 16 〃	+ 0,81	+ 2,5
8 〃 — 15 〃	— 0,61	+ 16,5	16 〃 — 23 〃	+ 1,48	+ 2,0
15 〃 — 22 〃	— 0,73	+ 15,0	23 〃 — 30 〃	+ 1,24	+ 6,9
22 〃 — 29 〃	— 0,59	+ 14,9	30 〃 — 6 Avril	+ 1,59	+ 7,9

$$\text{Marche diurne} = -0^s,19 - 0^s,0554\,S - 0^s,3590\,(t-14^\circ) - 0^s,03057\,(t-14^\circ)^2.$$

t désigne le nombre de degrés de chaleur d'après l'échelle centigrade, et S le nombre de semaines écoulées depuis le 6 Avril 1867.

Lorsque l'influence de la température sur la marche d'un chronomètre est aussi variable qu'elle l'est pour le chronomètre Knoblich n°. 1700, la formule ne peut servir que pour la période des observations dont elle est déduite. Tout examen ultérieur du chronomètre en question serait inutile aussi longtemps que le mécanisme n'en aura pas été revu avec soin.

Pour ne rien laissser à désirer je donne encore, dans la table G., la comparaison entre la seconde formule et les marches diurnes observées pendant la dernière période.

Il me reste, avant de terminer, à émettre une opinion sur la qualité de la pendule Hohwü n°. 20 et du chronométre Knoblich

n°. 1700. Je regarde la pendule Hohwü n° 20 comme étant au nombre des instruments les plus parfaits parmi ceux dont la marche m'est connue. La pendule Hohwü n°. 17, dont il a déjà été question plusieurs fois et qui est la pendule principale de l'Observatoire de Leyde, a été soumise, il y a une couple d'années, à un examen rigoureux, qui a montré qu'elle est une des plus parfaites que l'on connaisse. D'après le résultat de ces recherches, exécutées et décrites par mon père le professeur F. Kaiser, directeur de l'Observatoire de Leyde [1]), il existe entre les marches diurnes déduites d'observations hebdomadaires, et les marches diurnes calculées, des différences qui s'élèvent jusqu'à deux dixièmes de seconde. Dans la pendule Hohwü n°. 20 la plus grande différence entre les marches diurnes calculées et observées atteint également deux dixièmes de seconde, mais chez elle des différences de cette amplitude se reproduisent plus fréquemment. Si l'on considère maintenant que les marches diurnes accomplies pendant la première année ont été exclues dans l'examen de la pendule Hohwü n°. 17, tandis qu'on en a tenu compte dans celui de la pendule Hohwü n°. 20, on devra conclure que la valeur du second de ces instruments est au moins égale à celle du premier.

Quant au chronomètre Knoblich n°. 1700, il est de beaucoup inférieur aux chronomètres dont sont pourvus les bâtiments de guerre de la Marine Néerlandaise. En règle générale, aucun chronomètre, destiné aux déterminations des longitudes en mer, n'est approuvé lorsque les différences entre les marches diurnes calculées et les marches diurnes observées hebdomadairement montent à plus d'une seconde. En outre, les chronomètres pour le service de la Marine sont beaucoup mieux compensés que le chronomètre Knoblich n°. 1700; dès que la compensation éprouve des variations considérables, ils sont impitoyablement refusés.

LEYDE, Novembre 1867.

[1]) *Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Academie van Wetenschappen, Afdeeling Natuurkunde*, T. XVII.

Table G.

PÉRIODES.	Tempér. C.	Marche diurne observée.	Marche diurne calculée.	Différence. O. - C.
1866.				
17 Mars — 24 Mars.	+ 5°,7	+ 4s,03	+ 3s73	+ 0s,30
24 ″ — 31 ″	+ 7,2	+ 4,18	+ 3,79	+ 0,39
31 ″ — 7 Avril.	+ 8,6	+ 4,00	+ 3,75	+ 0,25
7 Avril — 14 ″	+ 10,5	+ 2,48	+ 3,53	— 1,05
14 ″ — 21 ″	+ 11,6	+ 2,53	+ 3,27	— 0,74
21 ″ — 28 ″	+ 12,4	+ 2,44	+ 3,04	— 0,60
28 ″ — 5 Mai.	+ 11,5	+ 2,59	+ 3,21	— 0,62
5 Mai — 12 ″	+ 11,6	+ 2,42	+ 3,10	— 0,68
12 ″ — 19 ″	+ 11,5	+ 2,28	+ 3,10	— 0,82
19 ″ — 26 ″	+ 13,1	+ 0,97	+ 2,60	— 1,63.
26 ″ — 2 Juin.	+ 11,7	+ 0,54	+ 2,03	— 1,49
2 Juin — 9 ″	+ 19,9	— 3,29	— 0,96	— 2,33
9 ″ — 16 ″	+ 21,1	— 2,70	— 1,95	— 0,75
16 ″ — 23 ″	+ 18,1	— 0,73	+ 0,09	— 0,82
23 ″ — 30 ″	+ 21,6	— 1,85	— 2,48	+ 0,63
30 ″ — 7 Juillet.	+ 19,6	— 1,24	1,01	— 0,23
7 Juillet — 14 ″	+ 18,7	— 0,73	— 1,48	+ 0,75
14 ″ — 21 ″	+ 20,8	— 1,91	2,05	+ 0,14
21 ″ — 28 ″	+ 18,0	— 0,59	— 0,12	— 0,47
28 ″ — 4 Août.	+ 17,6	— 0,29	+ 0,06	— 0,35
4 Août — 11 ″	+ 17,0	0,15	+ 0,35	— 0,50
11 ″ — 18 ″	+ 16,4	+ 0,10	+ 0,62	— 0,52
18 ″ — 25 ″	+ 17,1	— 0,16	+ 0,17	+ 0,01
25 ″ — 1 Sept.	+ 18,9	— 1,12	— 0,94	— 0,18
1 Sept. — 8 ″	+ 17,0	— 0,69	+ 0,13	0,82
8 ″ — 15 ″	+ 16,5	0,61	+ 0,34	— 0,95
15 ″ — 22 ″	+ 15,0	— 0,73	+ 0,98	— 1,71
22 ″ — 29 ″	+ 14,9	0,59	+ 0,98	— 1,57
29 ″ — 6 Oct.	+ 17,1	1,70	— 0,16	— 1,54
6 Oct. — 13 ″	+ 14,0	— 1,12	+ 1,21	— 2,63
13 ″ — 20 ″	+ 11,0	+ 1,26	+ 1,96	— 0,70
20 ″ — 27 ″	+ 10,0	+ 2,24	+ 2,04	+ 0,20
27 ″ — 3 Nov.	+ 8,5	+ 2,51	+ 2,09	+ 0,42
3 Nov. — 10 ″	+ 11,0	+ 2,01	+ 1,79	+ 0,22
10 ″ — 17 ″	+ 9,2	+ 2,62	+ 1,95	+ 0,67
17 ″ — 24 ″	+ 6,1	+ 2,18	+ 1,82	+ 0,66
24 ″ — 1 Déc.	+ 6,1	+ 1,63	+ 1,75	— 0,12
1 Déc. — 8 ″	+ 5,7	+ 0,52	+ 1,64	— 1,12
8 ″ — 15 ″	+ 7,0	+ 0,35	+ 1,72	— 1,37
15 ″ — 22 ″	+ 7,0	+ 0,79	+ 1,65	0,86
22 ″ — 29 ″	+ 4,9	— 0,20	+ 1,33	— 1,53
29 ″ — 5 Janvier.	+ 4,4	0,59	+ 1,16	— 1,75
1867.				
5 Janvier — 12 ″	+ 3,1	— 0,46	+ 0,77	— 1,23
12 ″ — 19 ″	+ 0,1	— 0,16	— 0,08	— 0,08
19 ″ — 26 ″	— 0,7	+ 0,52	— 1,01	+ 1,53
26 ″ — 2 Févr.	+ 4,9	— 0,64	+ 1,05	— 1,69
2 Févr. — 9 ″	+ 6,1	+ 1,59	+ 1,18	+ 0,41
9 ″ — 16 ″	+ 7,2	+ 1,33	+ 1,23	+ 0,10
16 ″ — 23 ″	+ 8,4	+ 1,65	+ 1,19	+ 0,46
23 ″ — 2 Mars.	+ 6,1	+ 1,92	+ 1,05	+ 0,87
2 Mars — 9 ″	+ 3,4	+ 0,89	+ 0,40	+ 0,49
9 ″ — 16 ″	+ 2,5	+ 0,81	+ 0,06	+ 0,75
16 ″ — 23 ″	+ 2,0	+ 1,48	— 0,17	+ 1,65
23 ″ — 30 ″	+ 6,9	+ 1,21	+ 0,88	+ 0,36
30 ″ — 6 Avril.	+ 7,9	+ 1,59	+ 0,87	+ 0,72

Pl. I.



Pl. II.



Lith. v. Emrik & Binger

Pl. III.

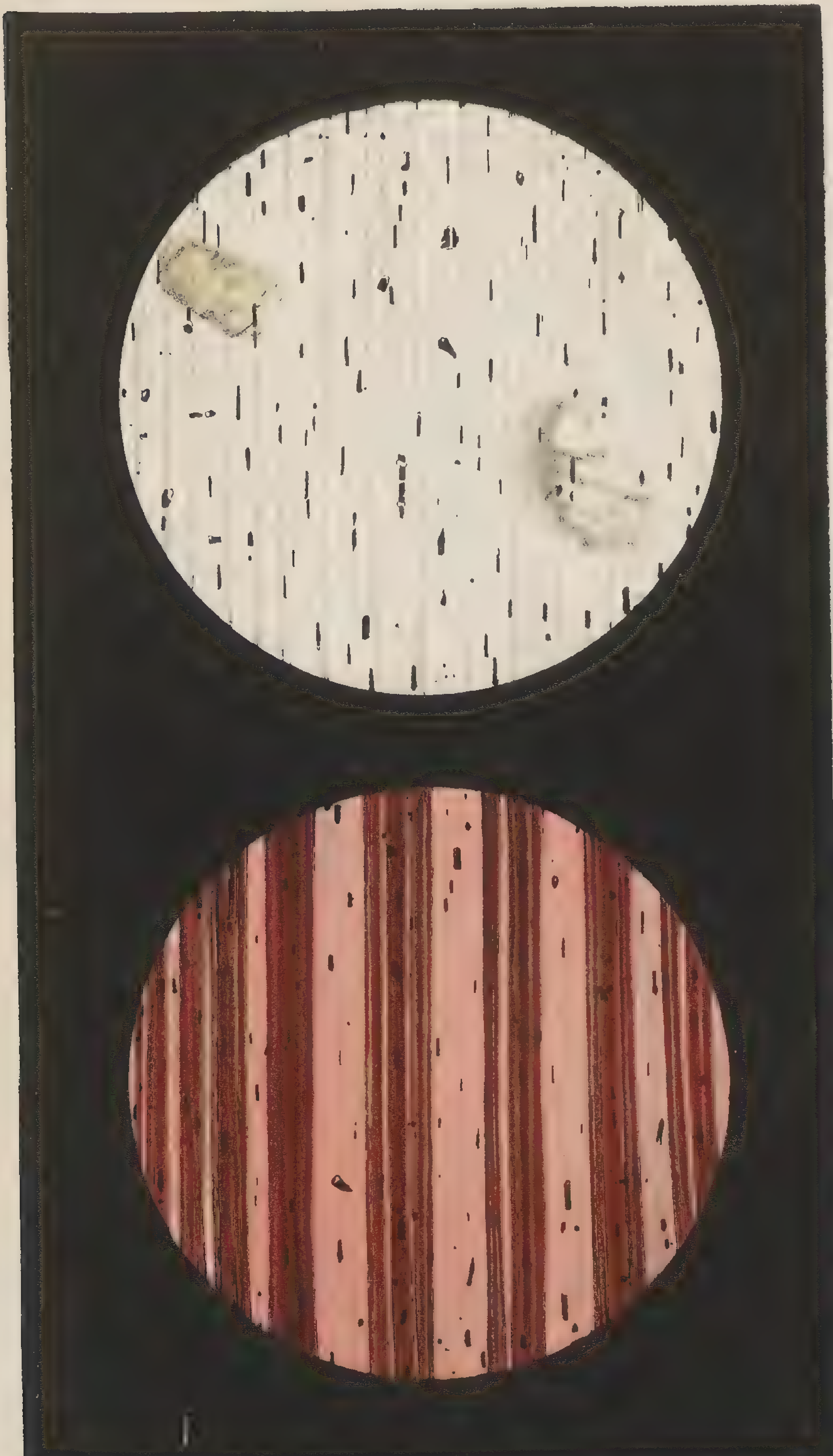


Fig. 3.

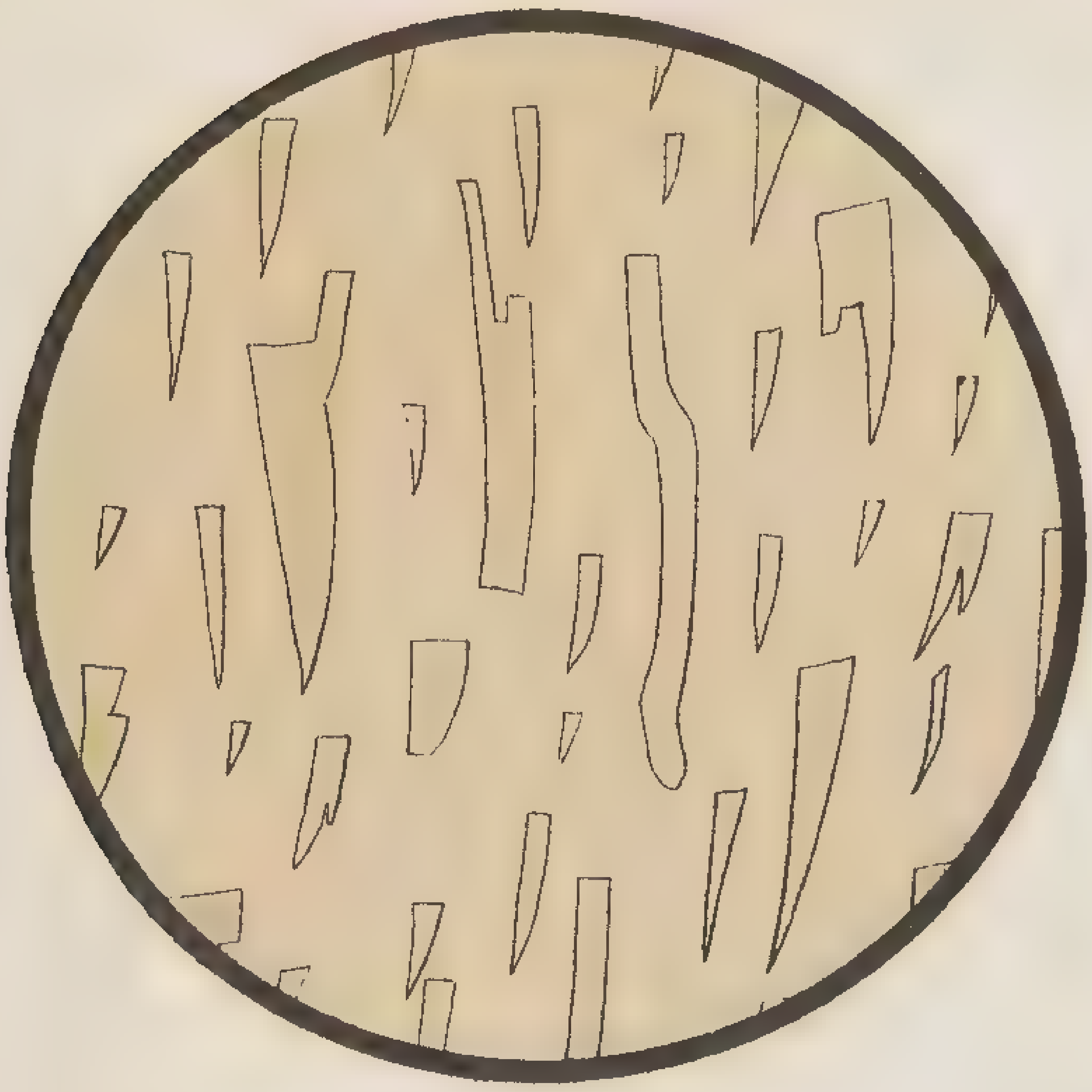


Fig. 2.

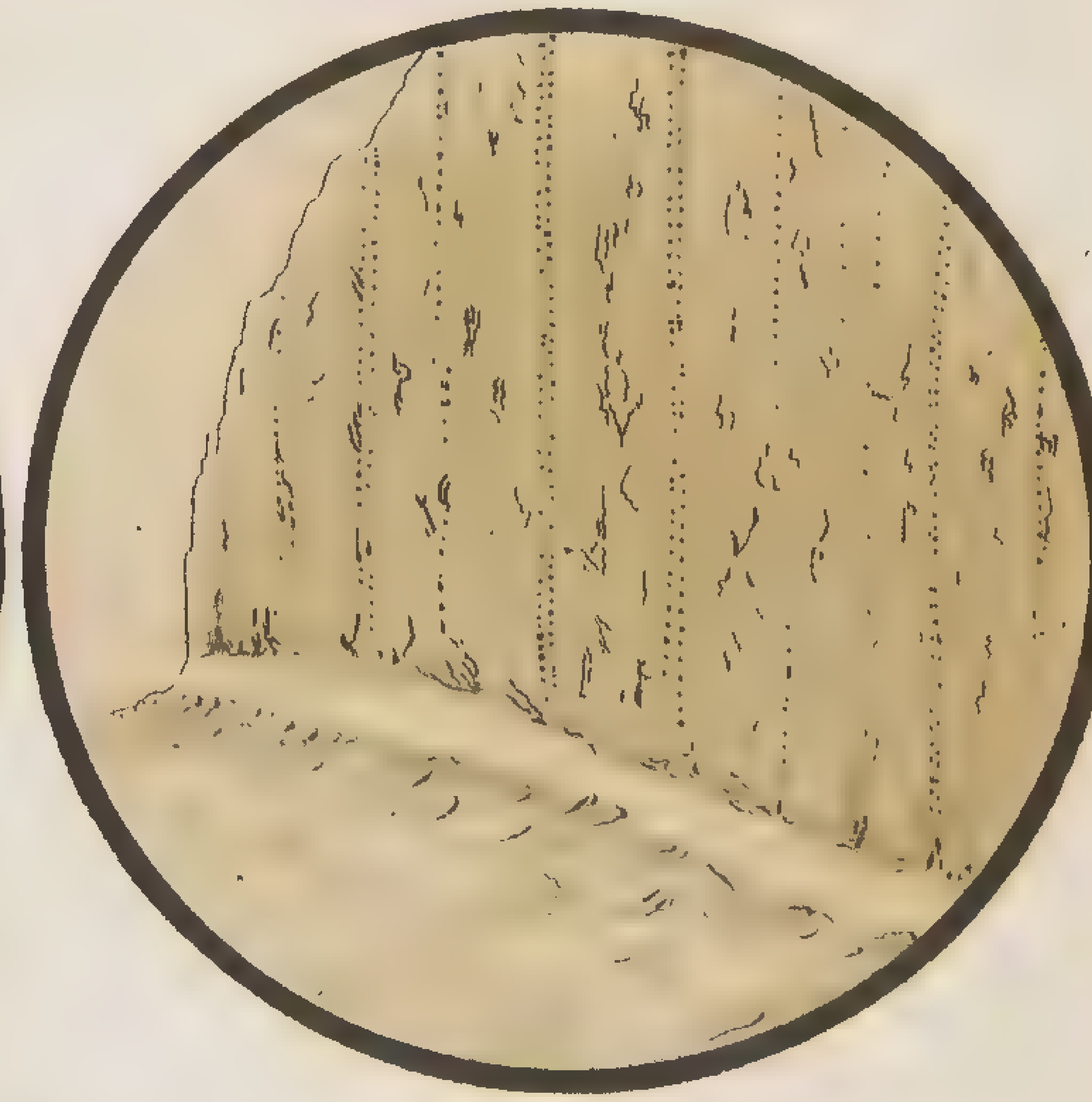


Fig. 1.

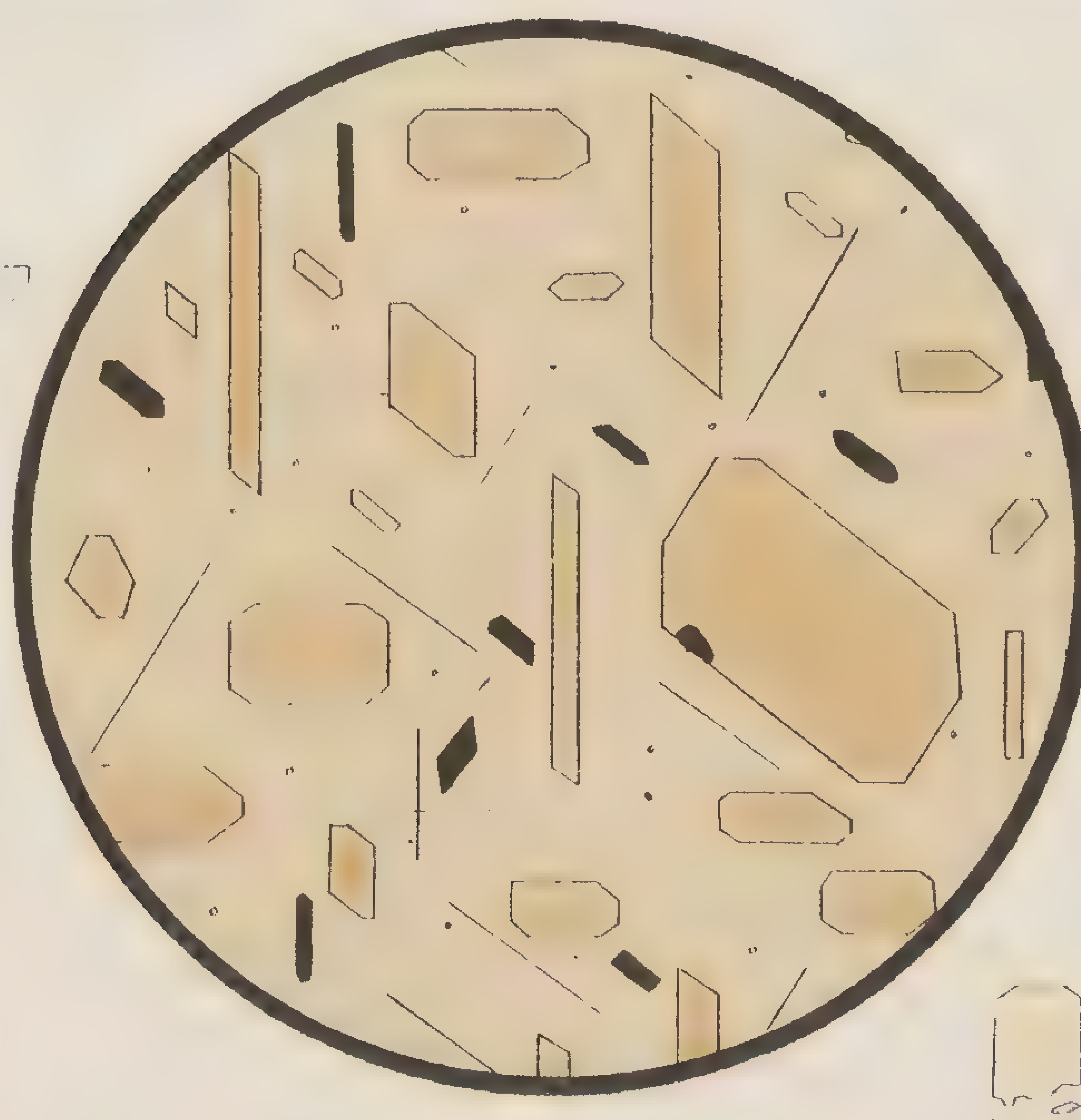


Fig. 4.

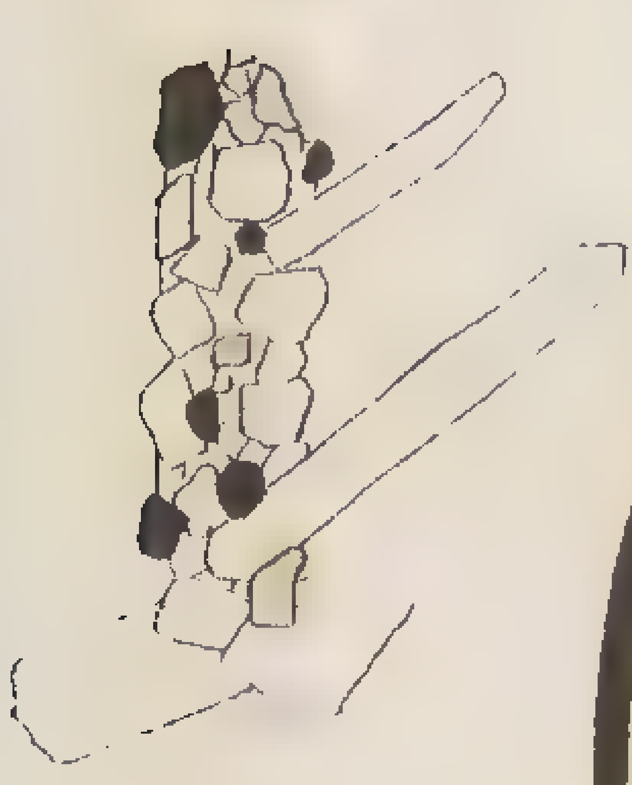


Fig. 5.



Fig. 7.

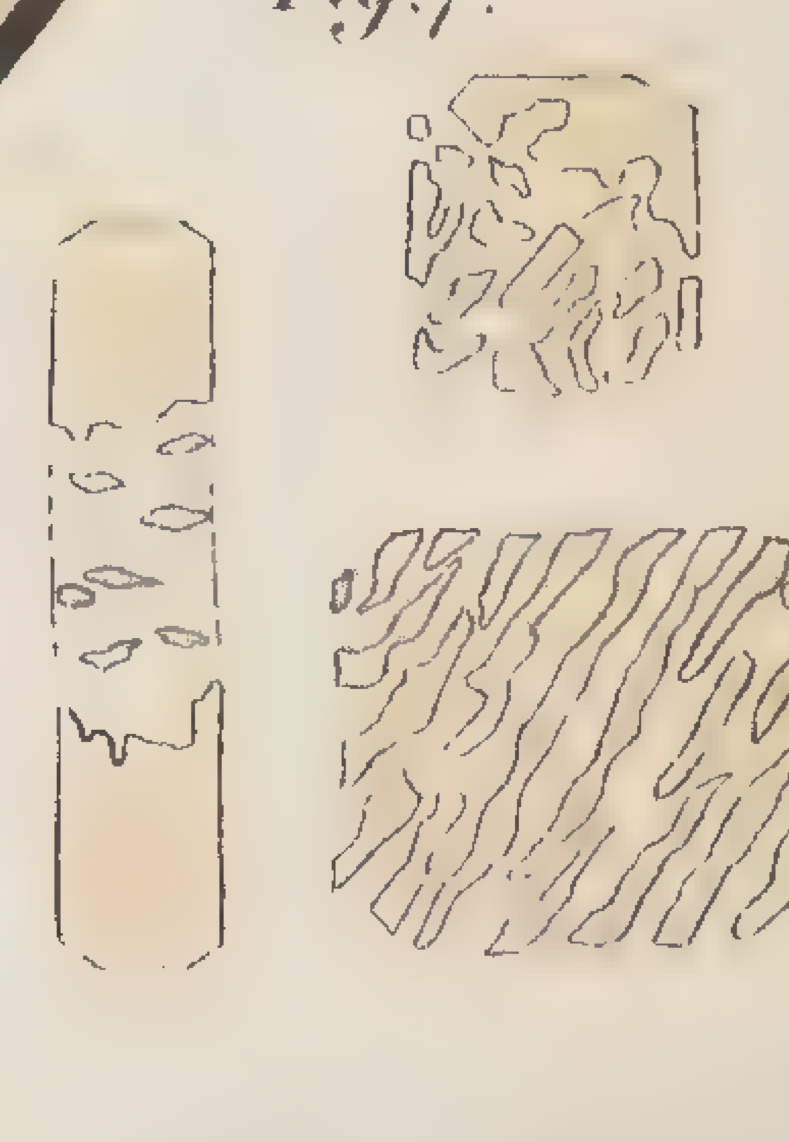


Fig. 8

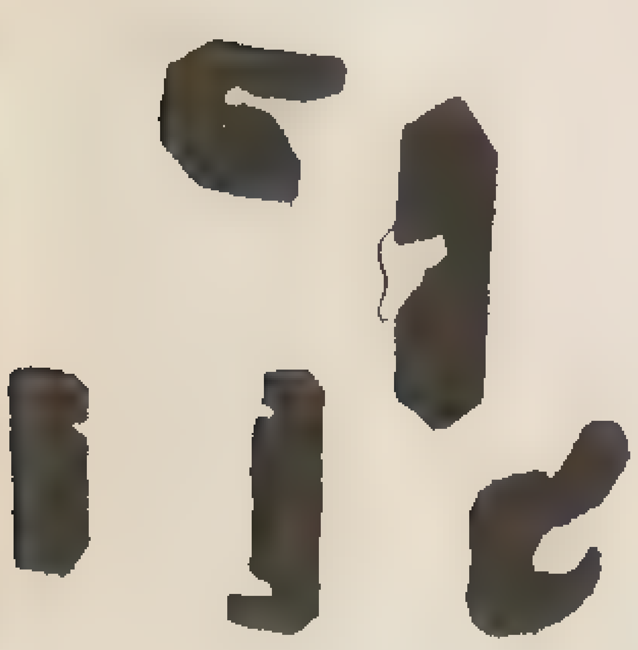


Fig. 6.



Lith v Emrik & Binger

Fig. 1.

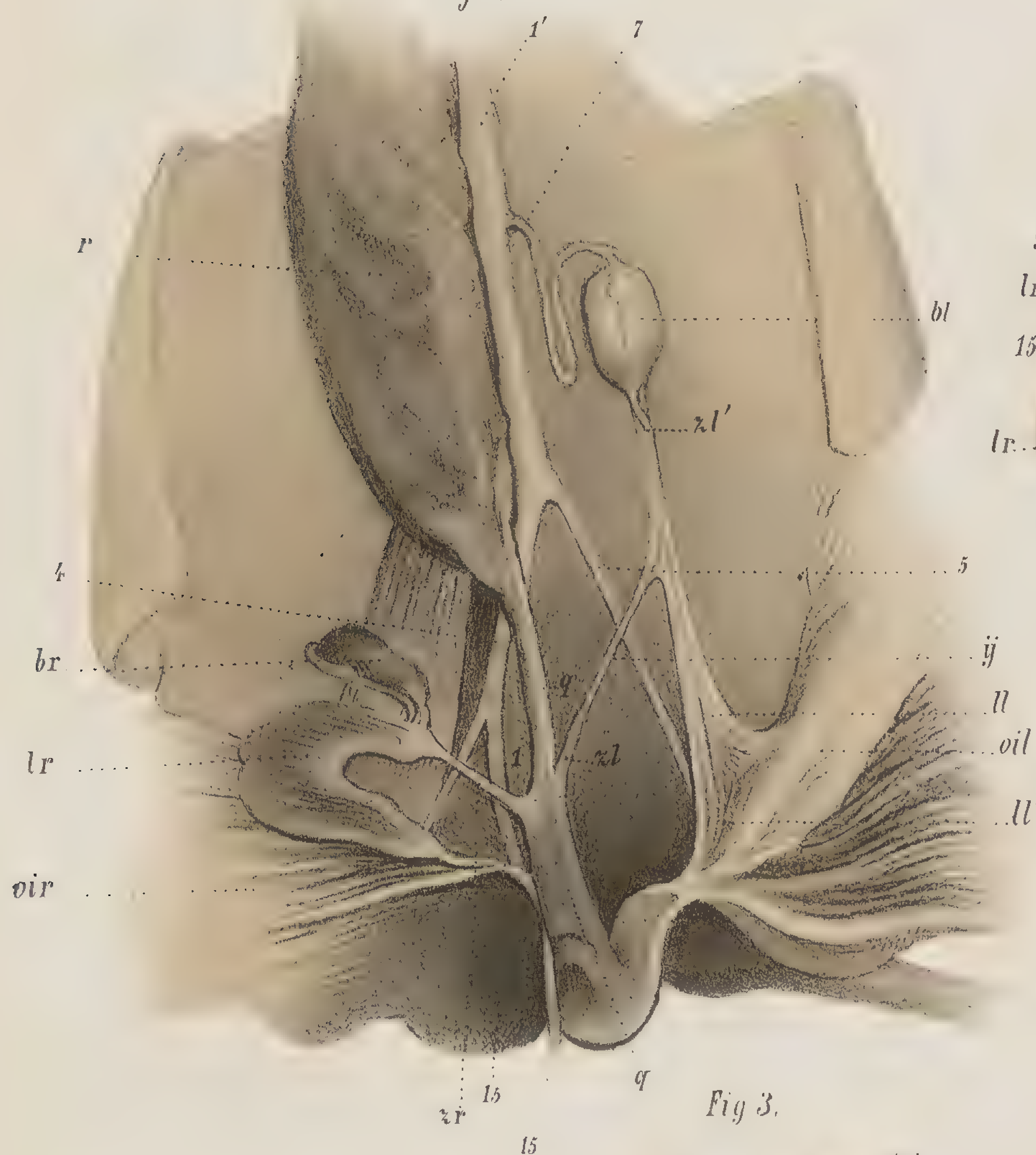


Fig. 2.



Fig. 3.

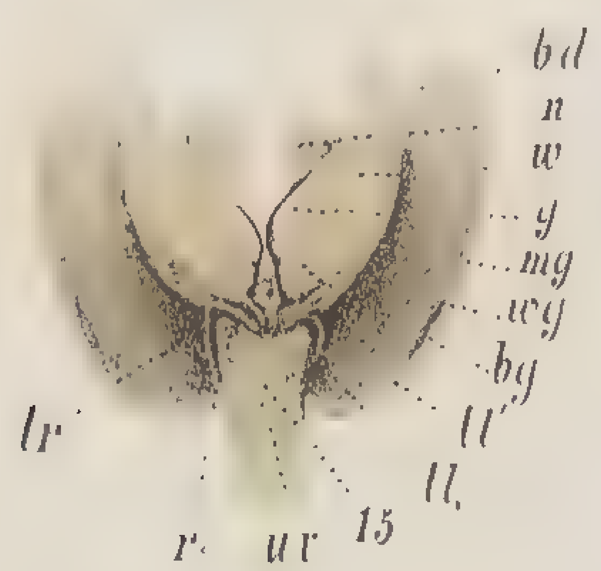


Fig. 4.

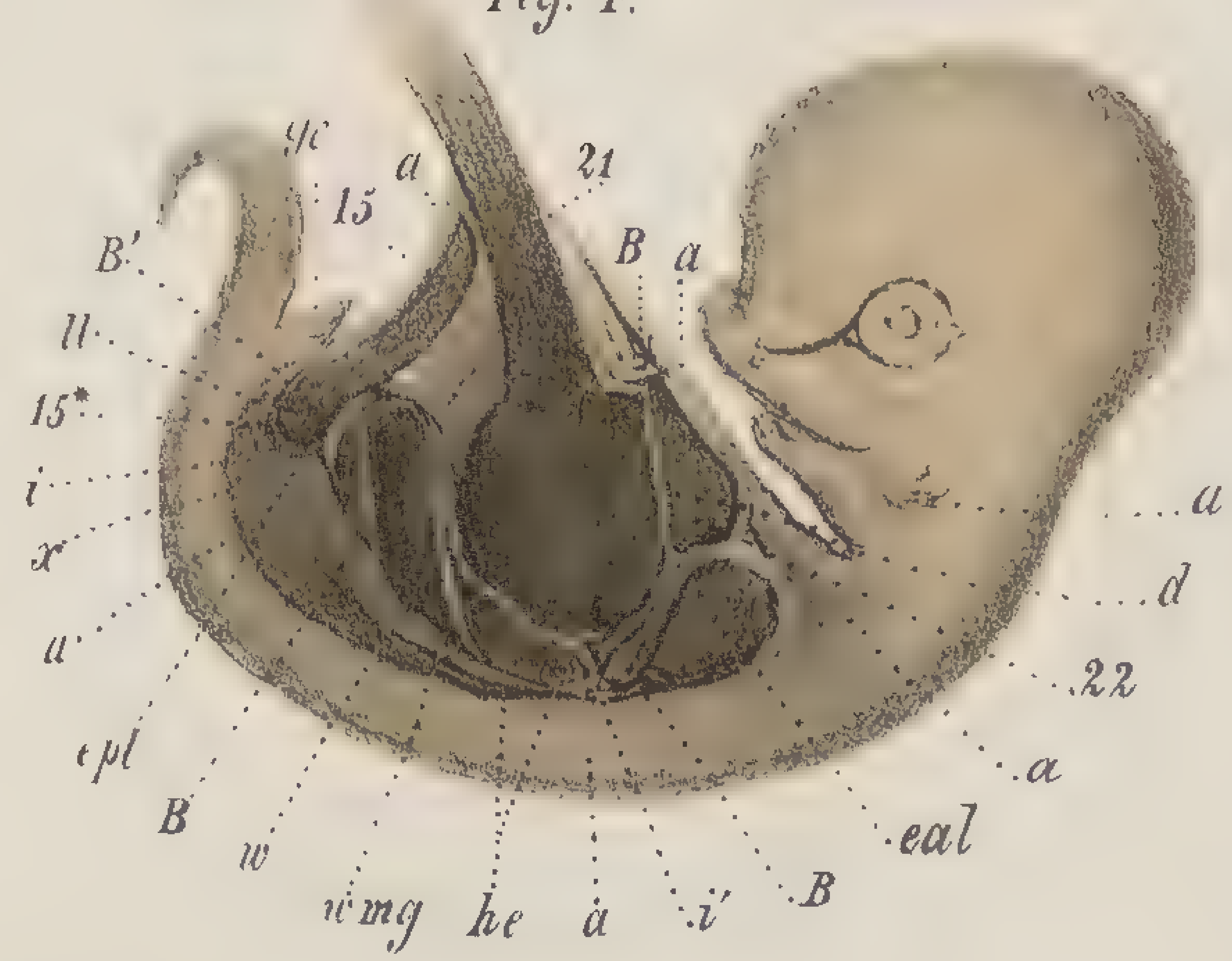
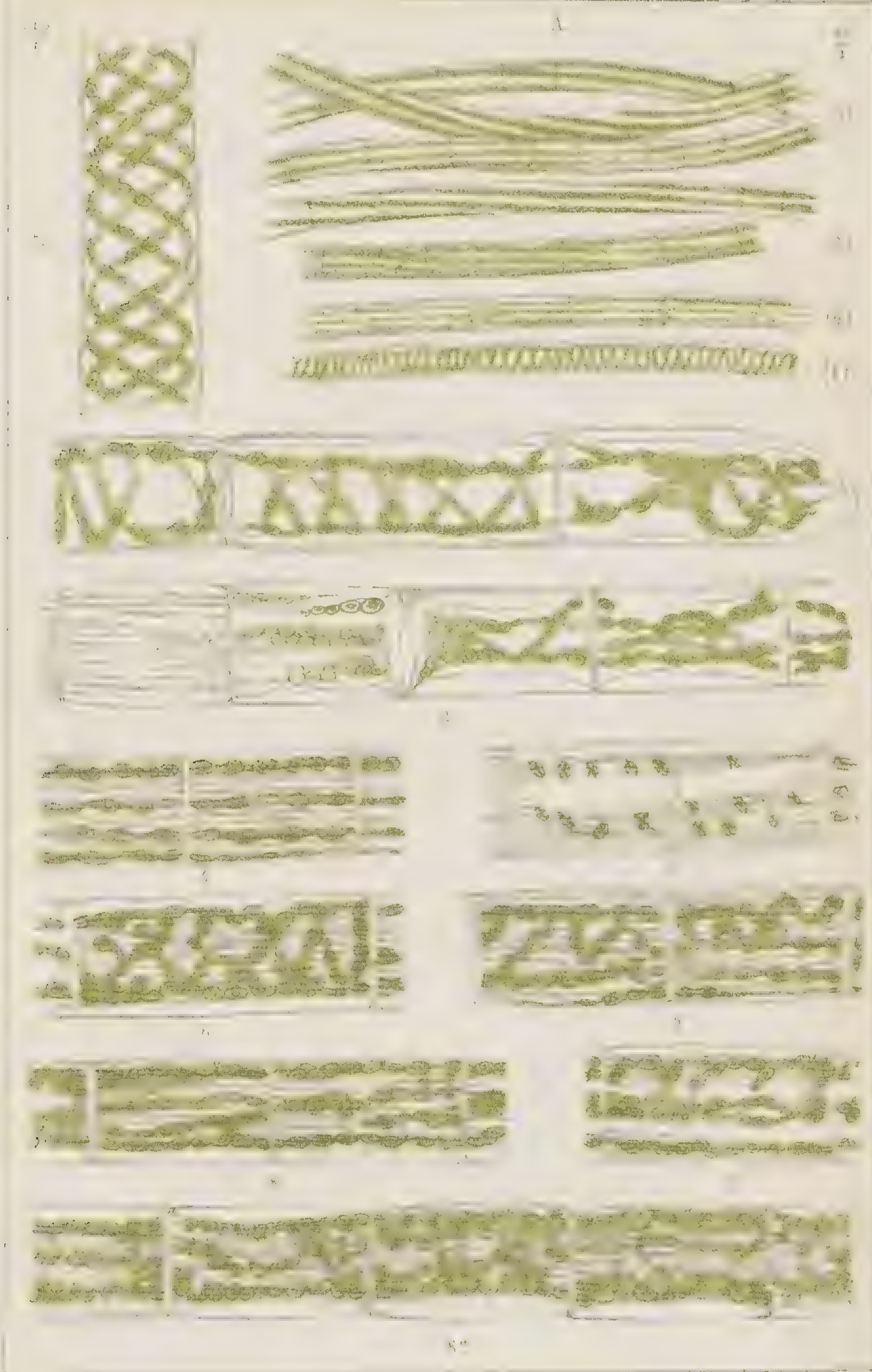


Fig. 5.





Del. auctor

Sleyser impr.



Fig 1.

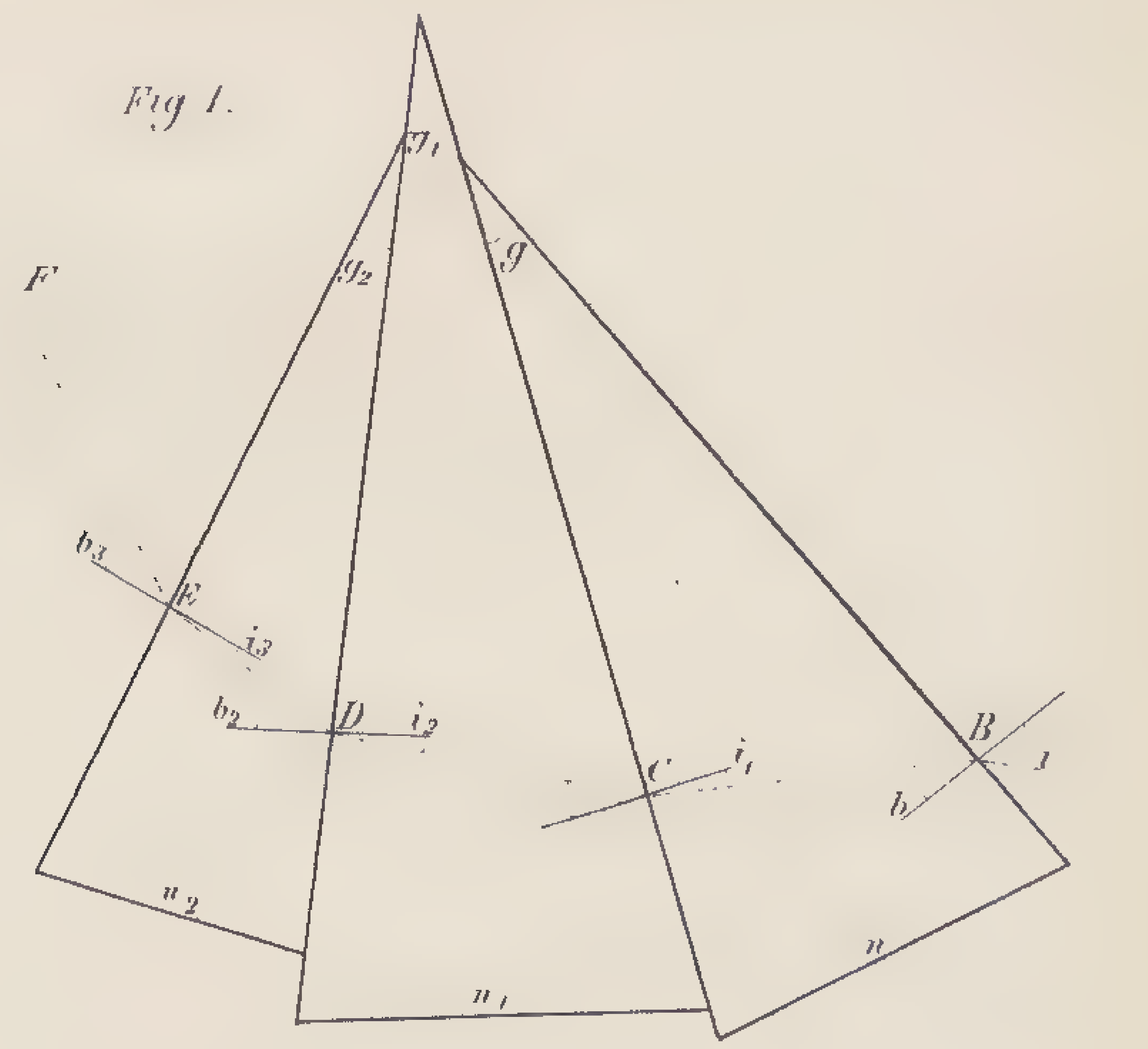


Fig 2.

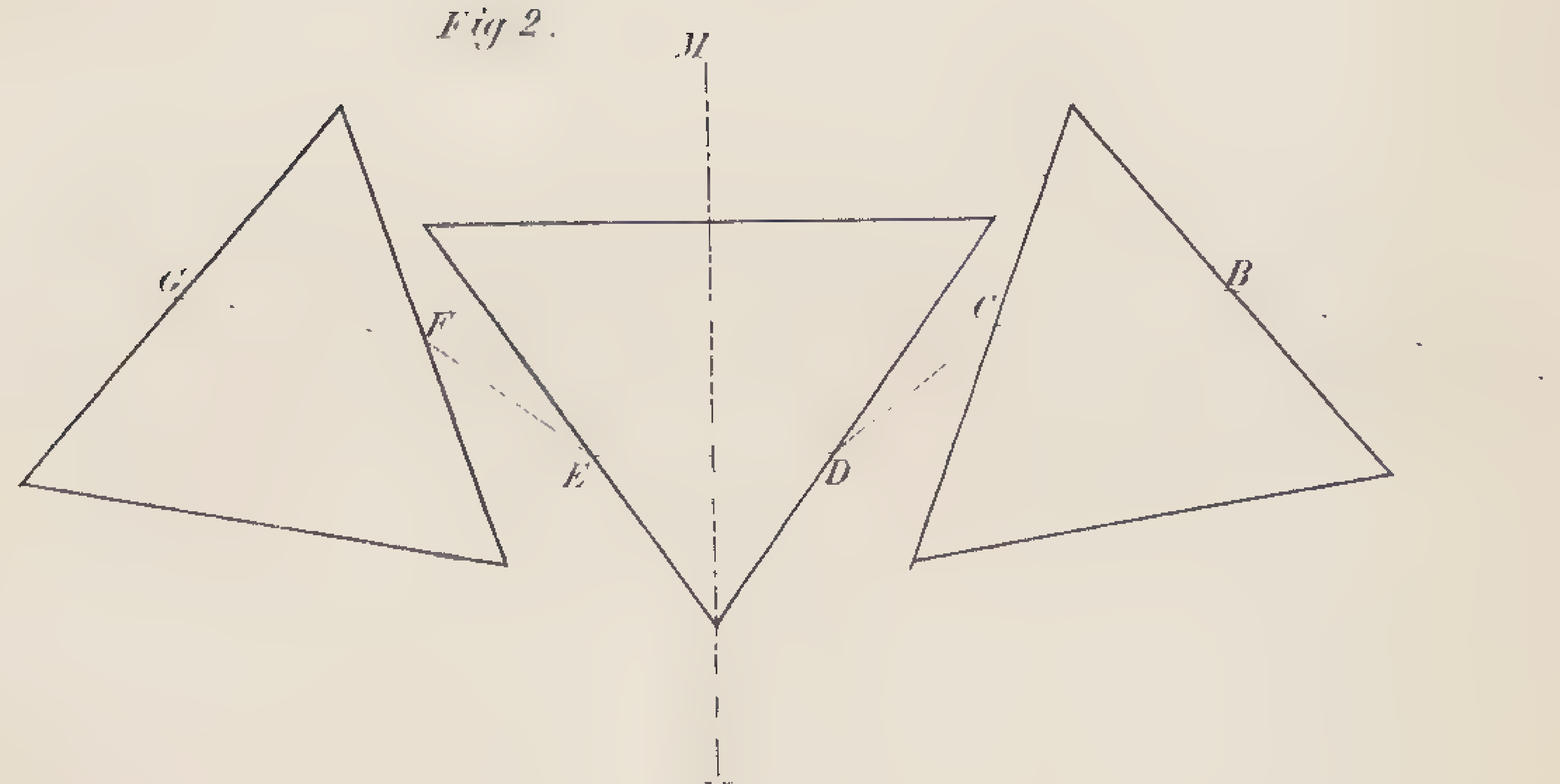


Fig. 3

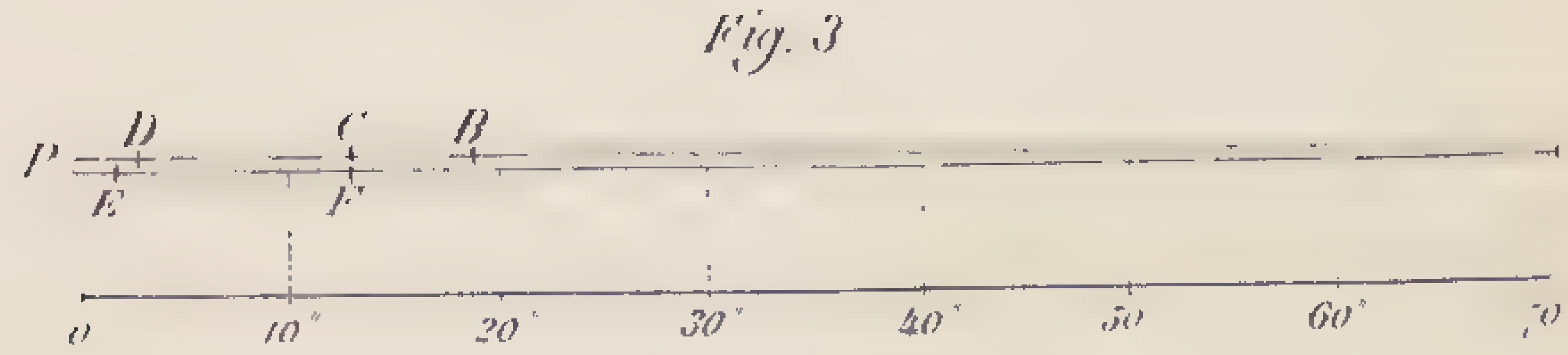
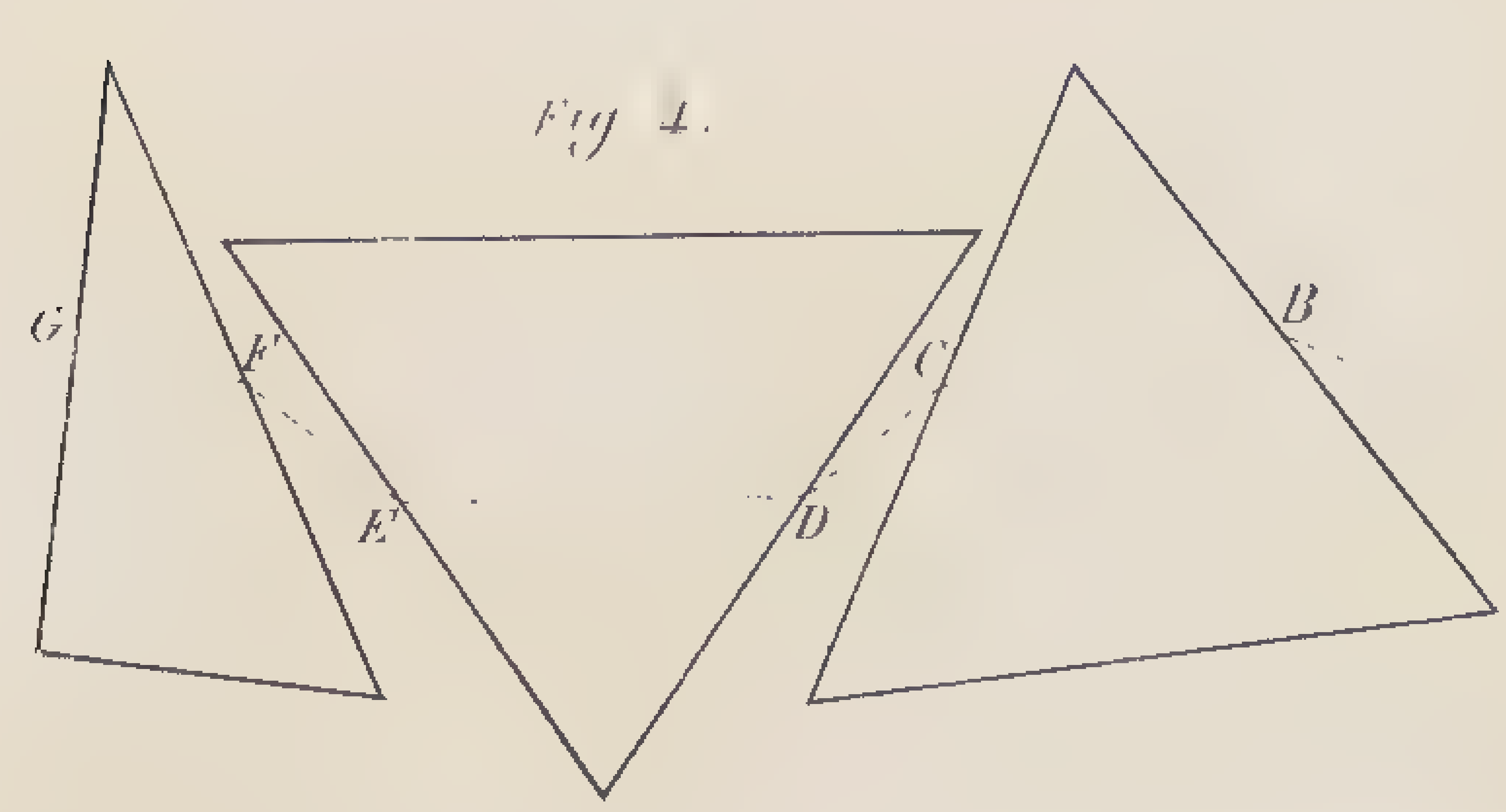
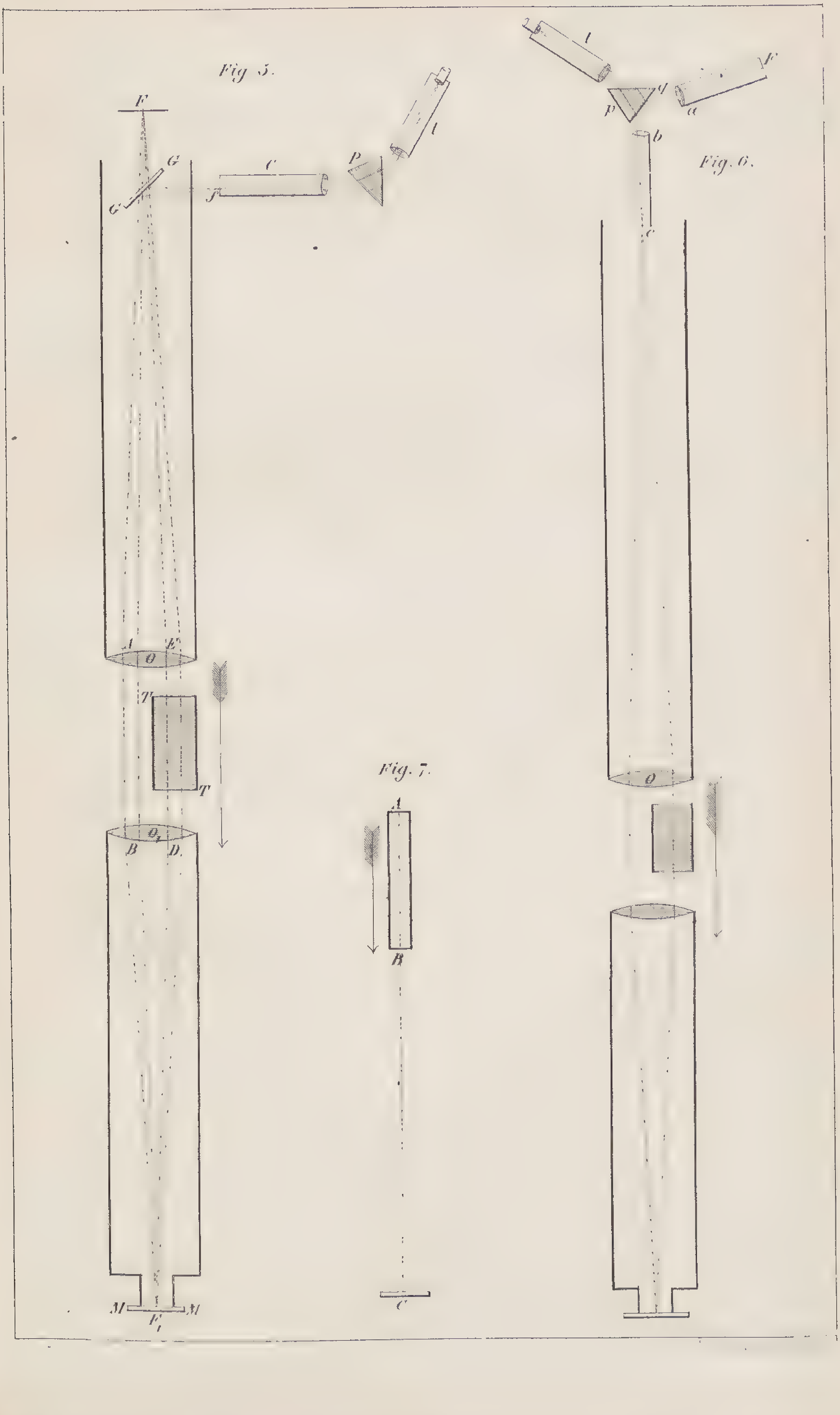
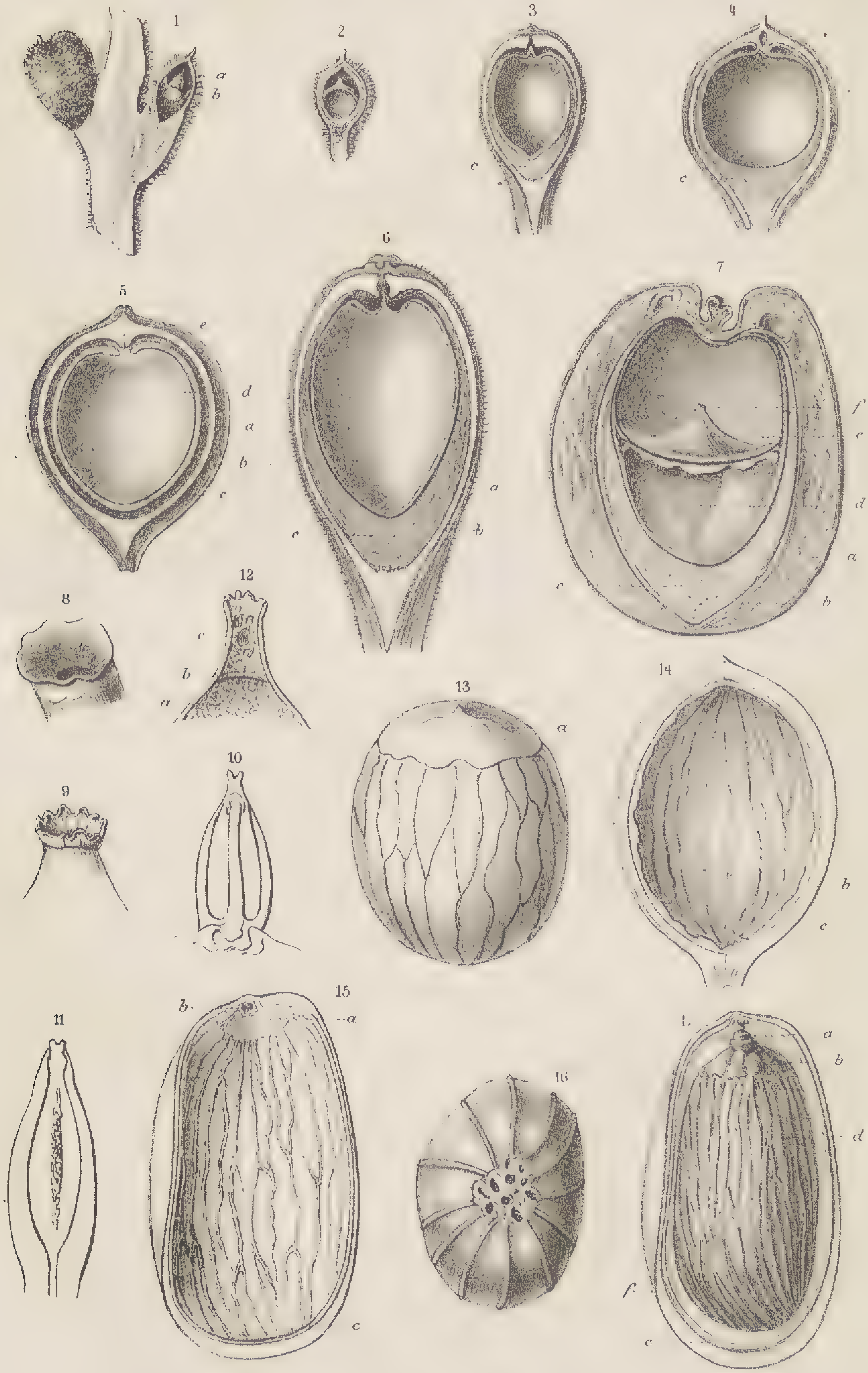


Fig 4.




Fig. 5.
F
G
G
f
C
P
t
A
E
O
T
T
O_1
B
D.
M
M
F_1
Fig. 6.
t
F
q
p
a
b
c
O
Fig. 7.
A
B
C

Pl. X.



Pl. XI.



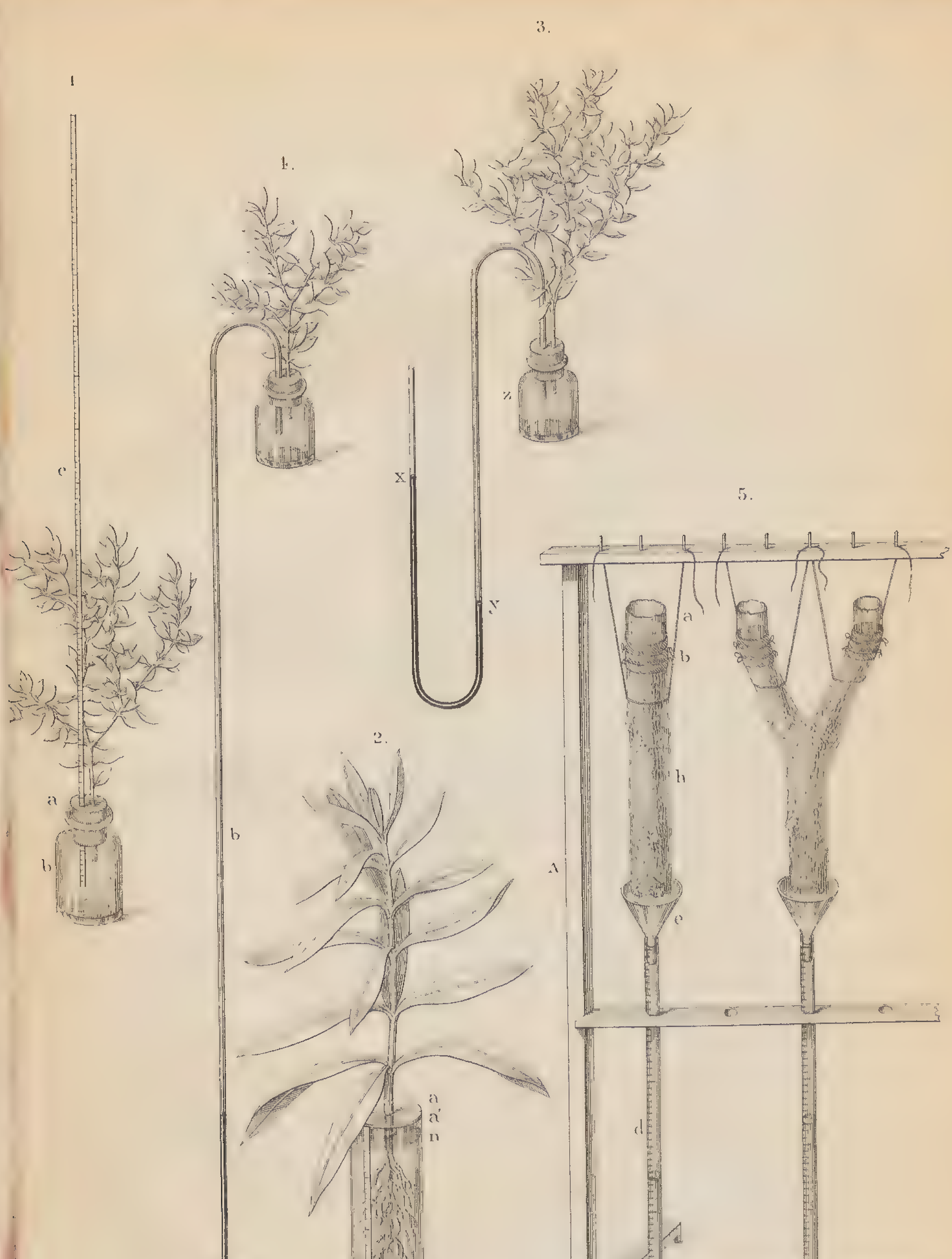


Choerops zosterophorus Blkr.



Lith v Emrik & Binger

Trachypterus semiophorus Blkr.



LITH. V. M. MIECHIELSEN, ROTT^M

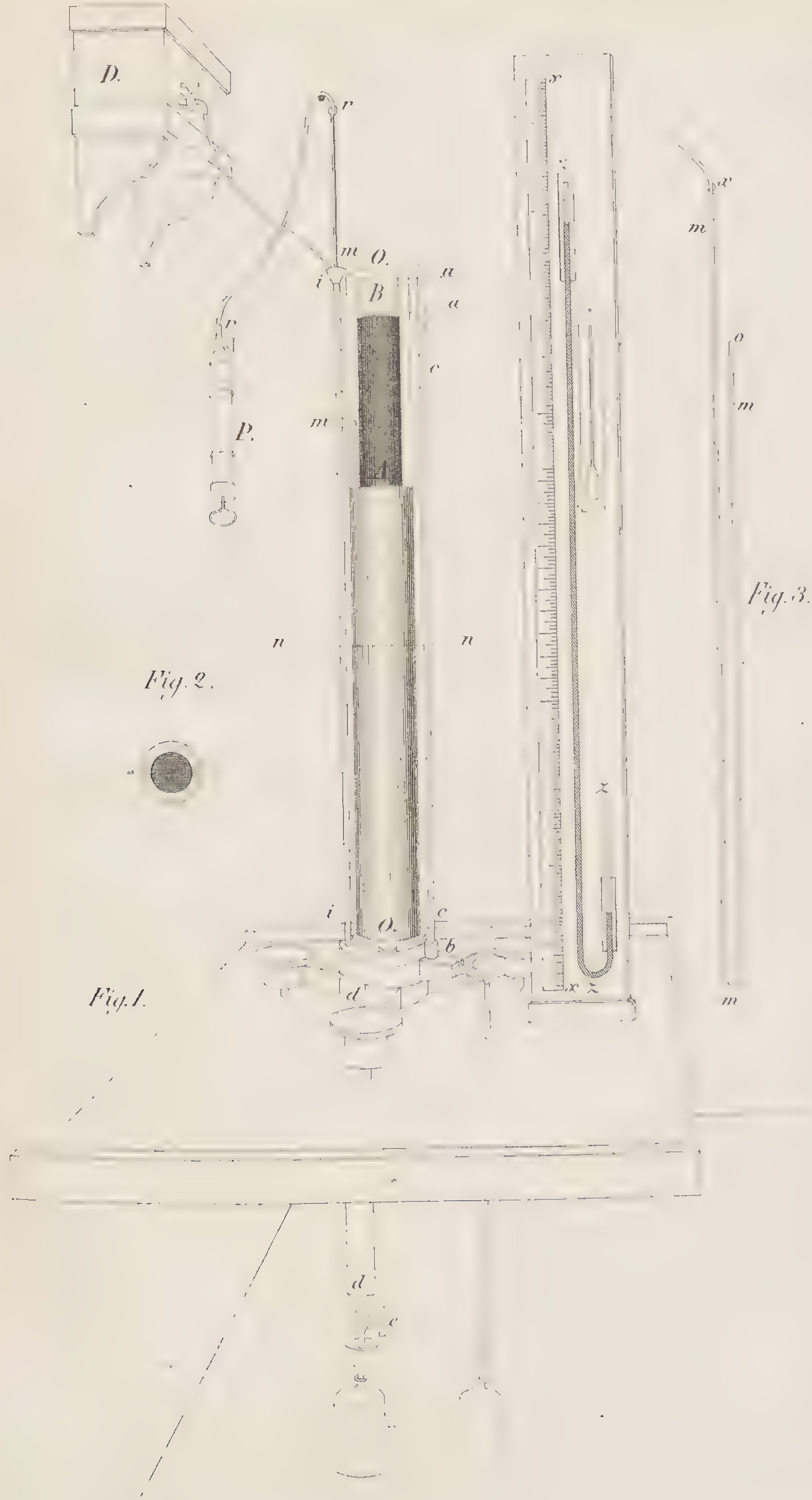


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Pl. XV.

Fig. 3.

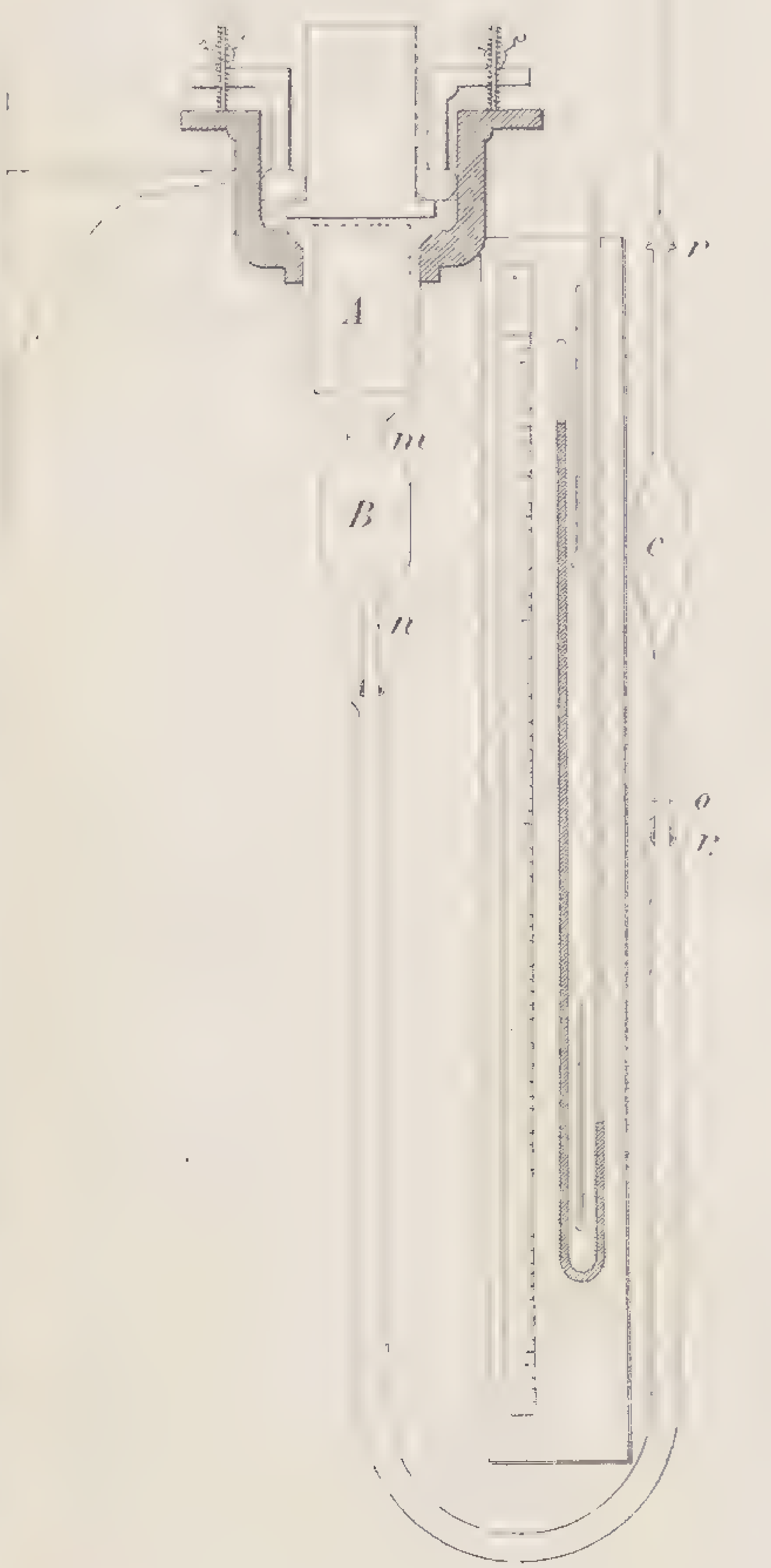


Fig. 2.

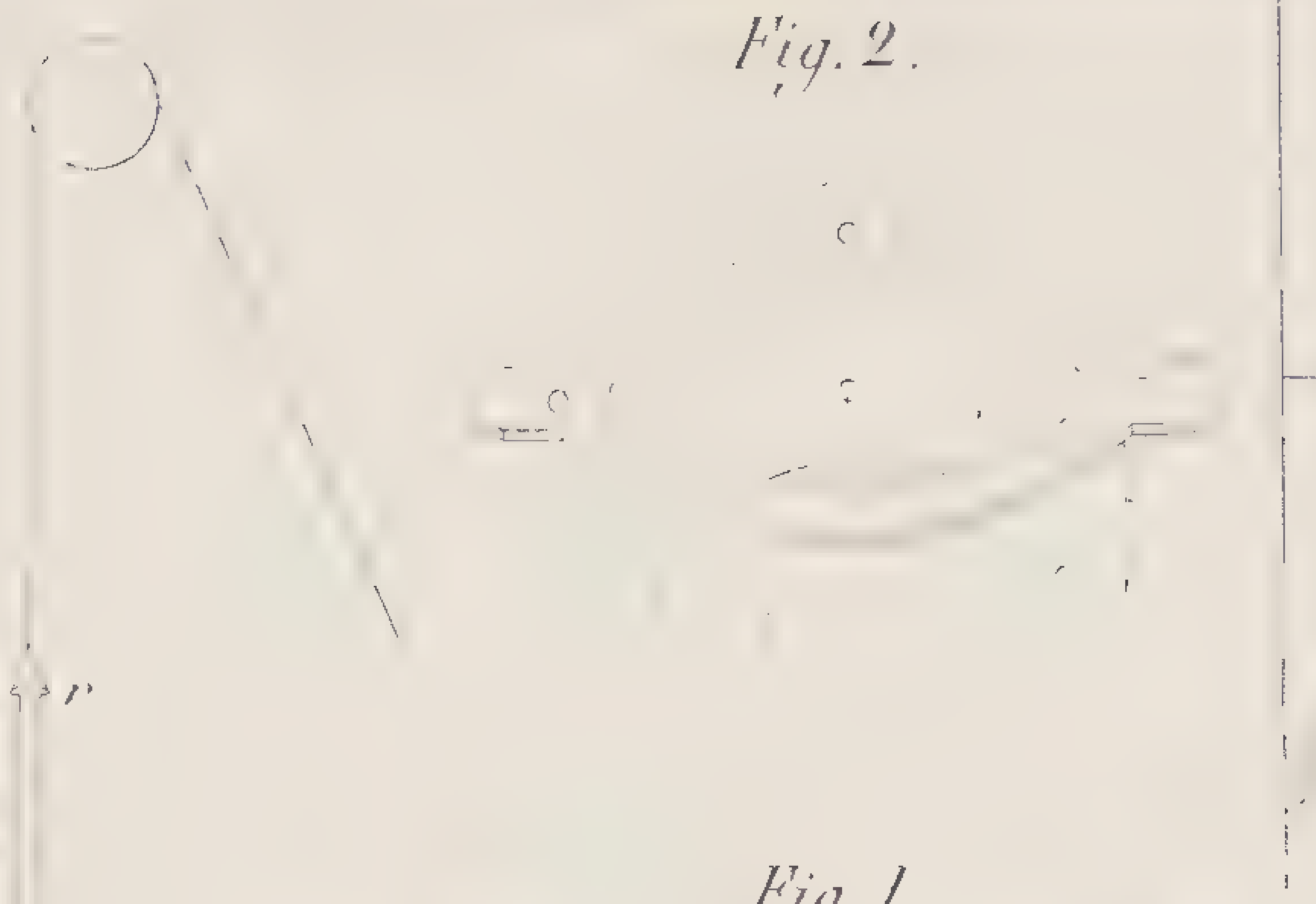


Fig. 1.

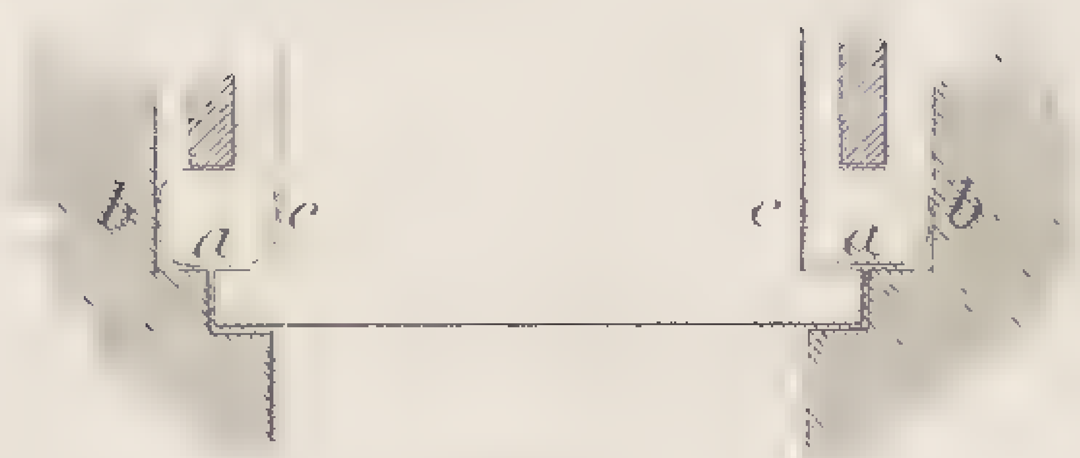


Fig. 5.

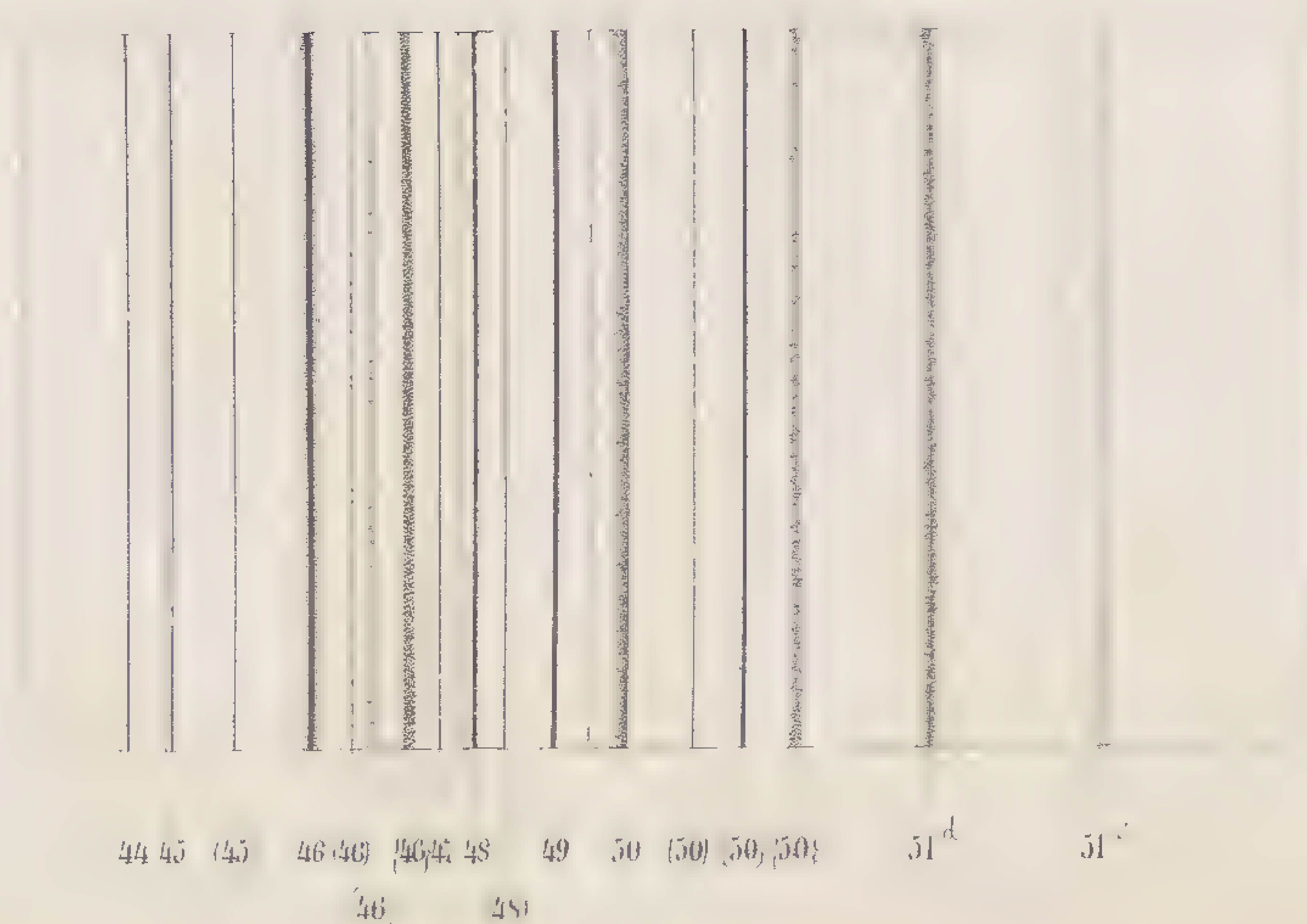
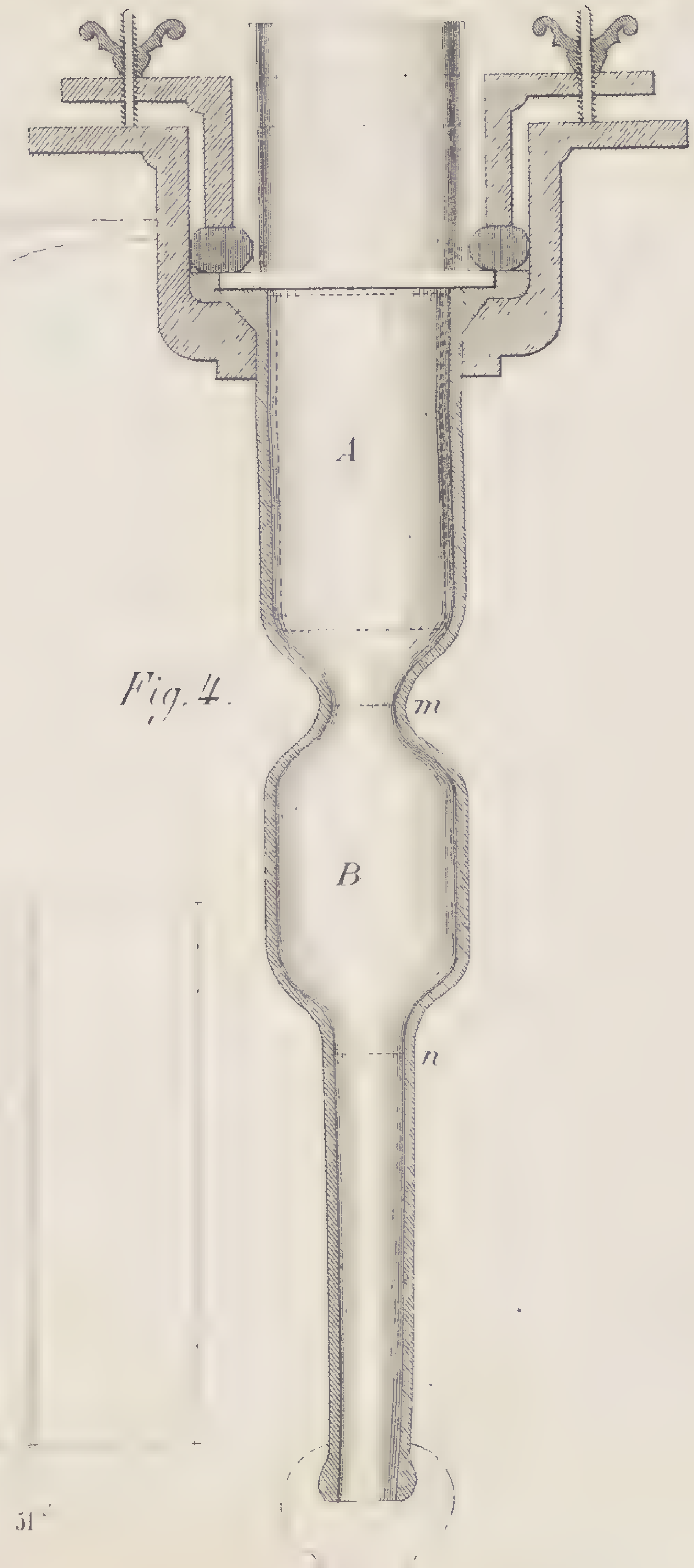
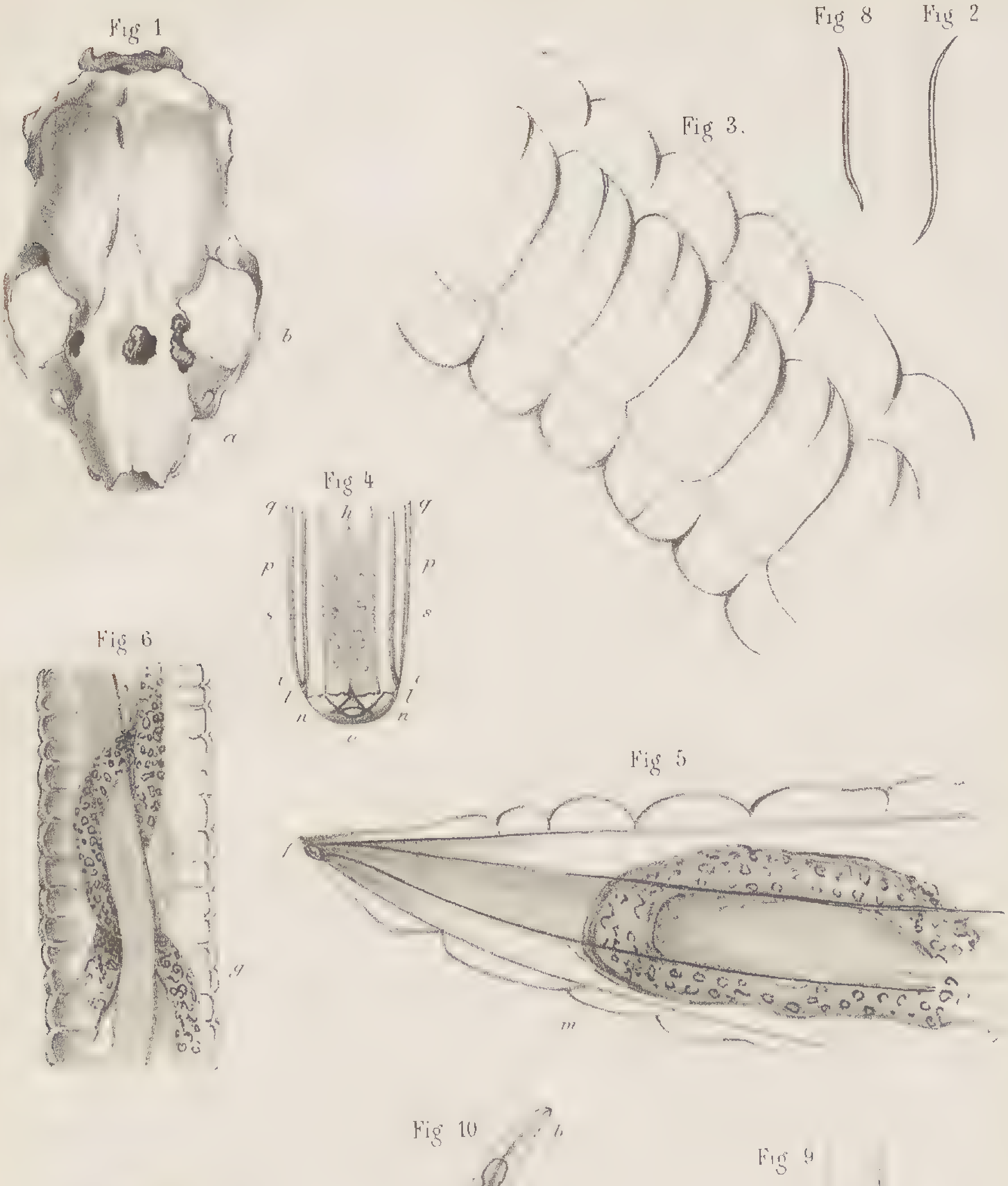


Fig. 4.



Lith. Emrik & Binger

Pl XVI



Filaroïdes mustelarum, van Bened.